

Notiz über Brücken mit unterdrückten Widerlagern *).

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 19 u. 20.)

Zuerst geben wir in Fig. 1—7 die Zeichnungen einer Normalbrücke mit unterdrückten Widerlagern, nach welchen die Kunstbauten der französischen Nordbahn ausgeführt sind. Die Zeichnungen sind an und für sich klar, so dass eine Erläuterung derselben nicht geboten erscheint. Wir gehen deshalb zu den Details zweier Brücken mit unterdrückten Widerlagern über, welche auf der directen Linie von Paris nach Creil ausgeführt sind; es sind diess zwei verschiedene Anwendungen desselben Systems, einmal für den Fall, dass der Auftrag eine bedeutende Höhe besitzt, ein andermal für den Fall eines schiefen Durchganges unter der Bahn.

Das System der Brücken mit unterdrückten Widerlagern scheint durchgängig von der französischen Nordbahngesellschaft angenommen zu sein. Es wurde zum ersten Male angewendet bei den aus Mauerwerk aufgeführten Kunstbauten der Linie von Laon nach Reims und von da an überall auf der Linie von Paris nach Creil.

Wir übergehen hier die Brücken mit unterdrückten Widerlagern, welche zur Ueberführung über die Bahnlinie dienen; denn dieselben, wie sie auch auf der nämlichen Linie ausgeführt sind, kommen immer mehr zur allgemeinen Anwendung.

Dagegen wollen wir durch einige Beispiele die Vortheile darthun, welche die Brücken mit unterdrückten Widerlagern gewähren, die zu Durchführungen unter der Eisenbahn dienen, und deren Construction weniger bekannt ist.

Betrachten wir zuerst den einfachsten Fall, jenen wo der Grund gut ist, wo der Weg rechtwinklig zur Bahn kommt und die nöthige Höhe geradezu vorhanden ist. Zeichnen wir nun die Dammkante der Bahn, das Profil des Weges, zwei Böschungen zu 45° Neigung rechts und links, welche Neigung auch die Kegel haben, und verlängern die Böschungslinie bis zur Schwellenoberkante.

Setzen wir nun auf beiden Seiten an den Durchschnittspuncten der Böschungslinien und der Schwellenoberkante 0,2—0,3 Meter zu, und errichten die Senkrechte bis zum Terrain, so erhalten wir ein Rechteck, das gebildet wird aus der Horizontalen des Bodens, der Dammkante und den beiden eben angeführten Verticallinien. Der in dieses Rechteck eingeschriebene grösste Bogen ist der Typus einer Brücke mit unterdrückten Widerlagern.

Die Länge des Rechtecks ist gleich dem Durchmesser des Bogens, vergrössert um die doppelte Dicke des Widerlagers. Die Parallelmauern (oder vielmehr das wenige Mauerwerk das die Stelle der Parallelmauern einnimmt) bedürfen keiner speciellen Foundation; sie lehnen sich auf die Gewölbesteine. Man wird ihnen in der Mitte eine Dicke von 0,6 Meter geben; diese Dicke lässt man gegen die Gewölbeschenkel wachsen, und berechnet die Stärke der Mauern nach der Höhe des tiefsten Punctes der äussern Gewölbslinie unter dem Bahnplanum.

Einige Ingenieure haben geglaubt die Brücken mit Parallelmauern (Stirnmauern) ganz verbannen zu müssen, um ausschliesslich die Brücken nur mit Flügelmauern auszuführen.

Was den Kostenpunct anbelangt, so erscheint der Unterschied zwischen beiden Systemen als unbedeutend, aber man wirft den Parallelmauern vor, dass, wie man sie gewöhnlich construirt, sie oft durch die Stösse des passirenden Zuges erschüttert werden. Uebrigens gibt es wohl hunderte von Brücken mit Parallelmauern die nicht die geringste Veränderung zeigen; um letzterem vorzubeugen hat man ja auch nur nöthig den Mauern die gehörige Stärke zu geben.

Es ist wahr, dass die Vergrösserung der Dicke eine bedeutende Vergrösserung der Kosten der Parallelmauern nach sich ziehen kann, aber in dem vorliegenden Falle, wo dieselben nur eine mässige mittlere Höhe haben, wird man keinen Anstand nehmen, ihnen einen Ueberschuss von Stabilität zu geben; und wenn man 0,35—0,4 der Höhe zur Dicke annimmt, so wird man hinsichtlich der Veränderungen der Parallelmauern durch passirende Züge aus aller Gefahr sein. Namentlich muss man den Fehler vermeiden, der so oft begangen wird und darin besteht, die Mauern gegen das Ende hin abnehmen zu lassen, denn gerade da müssen dieselben am stärksten sein. Der Fall welchen wir nun zunächst untersuchen wollen ist zwar der einfachste, jedoch nicht der häufigste; denn die rigorosen Bedingungen machen, dass man beim Tragiren der Eisenbahnen entweder immer zu viel oder zu wenig disponible Höhe hat.

Ist diese ein Minimum, so ist man genöthigt entweder Blech- oder Gusseisen anzuwenden; aber da man damit nicht weit genug gehen kann, so ist man zuletzt oft auf die Bogenbrücken angewiesen. Diese Form, unrationell was die Stabilität anlangt wie alle abgebrochenen Constructionen, wird unnöthig bei der Anwendung der Brücken mit unterdrückten Widerlagern.

Die französische Regierung hat zugegeben, dass es hinreichend sei, wenn die senkrechte Höhe von 4,3 Meter über dem Bett von Seitenflüssen eingehalten wird. Dadurch ist es ermöglicht, bedeutend unter der Höhe von 5 Meter zu bleiben, welche die Concessionsurkunde vorschreibt.

Durch diese verringerte Höhe, lässt sich also das System der Brücken mit unterdrückten Widerlagern noch recht gut anwenden.

Wenn die Höhe noch geringer ist, und nicht einmal ausreicht um einen Weg unterhalb der Bahn durchzuführen, so bietet sich ein anderer Fall der Anwendung der erwähnten Construction. Dieser Fall wird namentlich dann eintreten, wenn nichts entgegensteht um den Weg in Abtrag zu legen, wenn man nicht beschränkt ist in der Höhe des Aufgrabens, und wenn man eine nützliche Verwendung für die Erde hat, welche dem Abtrag entnommen ist. Fügt es sich nun, wie auf einigen Puncten der Linie von Paris nach Creil, in dem Wald von Chantilly, dass der Boden gut ist, so hat man nicht einmal nöthig mit dem Bogen bis auf das Niveau des abgegrabenen Weges nieder zu gehen, sondern man kann auf dem gewachsenen Boden bleiben. Dieser Fall wird, um so zu sagen, das absolute Minimum der Kosten veranlassen. Dieselbe Lösung hat man bei Gonesse angewendet, um über einen auf natürliche Weise 3 Meter tief ausgegrabenen Hohlweg mit der Eisenbahn im Auftrag von 2 Meter zu kommen.

*) Auszug aus einem Artikel der Zeitschrift „L'Ingenieur,“ 1858.

Wenn die Höhe des Auftrages es zulässt, kommt es oft vor, dass man auf eine gewisse Tiefe niedergehen muss, um guten Baugrund zu erhalten.

Dieses wird ohne grosse Fundamente möglich sein, wie der Schnitt in Fig. 4 zeigt.

Wenn der Auftrag beträchtlich werden sollte, so kann man die Bogen immer nach demselben Principe bilden. Wir geben anliegend die Zeichnung einer Brücke, welche auf der Bahn von Louvres nach Puiseux unter einem Auftrag von wenigstens 12 Meter ausgeführt ist. Man wurde dadurch zu einer Brücke von 19 Meter Oeffnung geführt.

Bei grösseren Bauwerken der Art ist es nöthig, bei der Herstellung des Auftrages mit der grössten Vorsicht zu Werke zu gehen. Selbst wenn die Höhe sich nur auf 5 Meter beschränkt, wobei noch vorausgesetzt wird, dass der Bogen auf beiden Seiten dieselbe Länge hat, ist es unerlässlich, dass das Ausfüllmaterial nur auf kleinen Schubkarren herbeitransportirt wird. Ausserdem muss noch der Auftrag auf die genügende Breite und Länge gestampft werden. Demungeachtet wird oft der Bau durch die Anschüttung fortgerückt.

Bei den Brücken der Bahn von Louvres nach Puiseux hat man den Auftrag vorgeschoben, bis derselbe den Fuss des Widerlagers erreichte; alsdann legte man auf die Kante des Auftrages und auf die Rückseite der Parallelmauern zwei lange Tannen, welche in der Mitte durch leichte Stützen gehalten wurden; über diese nun wurden die schwankenden Erdwagen geschoben, bald auf die eine bald auf die andere Seite, und auf diese Weise die Brücke gleichzeitig und symmetrisch von beiden Widerlagern aus belastet.

Diese Art Brücken hat man noch bei höheren Aufträgen in Anwendung gebracht. Auf der Linie von Cambrai, wie auf der von Paris nach Creil, hat man Gewölbe mit unterdrückten Widerlagern, bis zu einer Weite von 24 Meter. Gehen wir nun zu einer anderen Schwierigkeit über, welche sich beim Eisenbahnbau darbietet; es ist die schiefe Kreuzung der bestehenden Wege mit der Bahnlinie. Wir geben eine Zeichnung der schiefen Brücke, welche am Ende der Station Chantilly auf eine Breite von drei Geleisen ausgeführt ist, und über einen stark frequentirten Weg führt. Die schiefen Gewölbeschichten verlängern sich noch 0,2 bis 0,3 Meter hinter die Oberfläche der Böschungen und endigen auf dem unregelmässigen Mauerwerk, welches das Widerlager bildet. Keine Kämpfer, keine Unterkröpfungen, nichts wie die schiefe Anordnung im eigentlichen Bogen.

Nachdem wir nun die Anwendbarkeit der Brücken mit unterdrückten Widerlagern auf alle vorkommenden Fälle untersucht haben, wollen wir dieselben jetzt auch mit den bis jetzt gebräuchlichen Brücken mit Flügelmauern und mit Parallelmauern, unter den nämlichen Umständen vergleichen.

Betrachten wir zuerst den Kostenpunct, so finden wir in dem einfachsten Falle, bei den Brücken mit unterdrückten Widerlagern: weniger Mauerwerk, weniger in die Augen fallende Oberfläche, und etwas mehr Holz zu den Lehrbögen, gegen die gewöhnlichen Brücken mit Parallelmauern oder Flügelmauern. Das wird sich unter normalen Bedingungen als eine Ersparniss von 10 bis 15 pCt. anschlagen lassen. Wenn die wetterbeständigen Materialien selten sind, so wird diese

noch viel beträchtlicher werden, indem man zu dem Körper der Widerlager bis 0,3 Meter unter der Oberfläche auch verwitterndes Material verwenden kann. Auf der Linie von Laon nach Reims hat man an manchen Puncten zu diesen Widerlagern Kreide von mittelmässiger Beschaffenheit verwendet, welche sich vollkommen gut gehalten hat.

Wenn die Gründung tief wird, so wächst mit derselben die Ersparniss, da die Einrichtung einer Brücke mit unterdrückten Widerlagern nur die Gründung zweier wenig grossen rechteckigen Flächen verlangt. Steigt diese Tiefe auf 3 bis 4 Meter, so wird sich diese Ersparniss auf 20 pCt. stellen.

Wenn man genöthigt ist auf Pfahlwerk zu gründen, so wird der Vortheil, welchen die Brücken mit unterdrückten Widerlagern darbieten, noch fühlbarer. Die Anzahl der Pfähle einer grossen Brücke dieser Art wird nicht so beträchtlich sein, als bei einer kleinen Brücke der gewöhnlichen Anordnung. Das hat auch die Gesellschaft der französischen Nordbahn veranlasst einen Bogen von 24 Meter Oeffnung in einem Auftrag von 14 Meter Höhe zu construiren, um einen Bach durchzulassen, der zwar nur eine Breite von 3 bis 4 Meter hat, aber über Torfboden fliesst.

Wenn der Auftrag höher wird, so wächst damit auch während die Ersparniss an Mauerwerk sowohl als auch an Verzierungen, aber es wachsen auch die Kosten der Lehrbögen und des Aufbringens des Materials; man wird hierdurch eine Grenze erreichen an der diese Ausgaben die angegebenen Ersparnisse absorbiren. Wir haben gesehen, dass die franz. Nordbahngesellschaft das System der unterdrückten Widerlager bis zu einer Höhe des Auftrages von 14 Meter in Anwendung bringt. Es ist schwer zu sagen, wo man einhalten soll. Die Grenze hängt von den verschiedenen localen Preisen ab.

Eine Höhe des Auftrages von 15 bis 16 Meter wird man unter der Voraussetzung mittlerer Preise nicht überschreiten dürfen.

Bei schiefen Unterführungen stellen sich ebenfalls die Ersparungen zu Gunsten der Brücken mit unterdrückten Widerlagern; da die ganze Steinschnittconstruction der Gewölbeschkel wegfällt, wird man die Kosten in den meisten Fällen um 25 bis 30 pCt. vermindern können, und zwar um so mehr, je grösser die Schiefe ist.

Fassen wir das alles zusammen, so ergibt sich, dass das System mit unterdrückten Widerlagern, was den Kostenpunct anbelangt, sehr erhebliche Vortheile gewährt, welche um so bedeutender werden, je mehr man sich von den normalen Verhältnissen entfernt, sowohl was die Schiefe der Unterführung oder die Höhe des Auftrages, als auch die Schwierigkeit der Gründung angeht.

Ausser dem Kostenpunct scheint diese Art von Brücken dazu berufen zu sein, in einer grossen Anzahl von Fällen gute Dienste zu leisten. Von diesen wollen wir in Folgendem einige anführen. Die Concessionsurkunde verlangt für die Unterführungen von Wegen unter der Eisenbahn eine Breite von 4 bis 5 Meter, je nach der Wichtigkeit des Communicationsweges. Beinahe immer ist diese vorgeschriebene Breite geringer als die des Weges. Daraus folgt, dass durch Brücken mit geraden Widerlagern eine Verengung der Wege eintritt, welche von lästigem Einfluss ist. Diess ist besonders bedauerlich,

wenn der Weg eine, das Alignement stark hervorhebende Einfassung hat.

Dieser Fall trat ein in Guignicourt beim Uebergang über eine Departementalstrasse, deren Breite in dem Dorfe auf 11 Meter festgesetzt war. Ein Durchgang von nur 7 Meter Breite würde nun das Alignement vollständig unterbrochen haben. Trotzdem man nun für Fahrweg und die beiden Trottoirs nur eine Breite von 7 Meter angenommen, construirte man einen Bogen mit unterdrückten Widerlagern, und das Auge folgt nun ohne Hinderniss der Strassenlinie von einer Seite der Eisenbahn bis zur andern. Dieses Bauwerk kostet 15000 Frs., während ein Concurenzproject mit Halbkreisbogen, geraden Widerlagern und Flügelmauern auf 21000 Frs. gekommen wäre.

Diese Brücke grenzt an die Station Guignicourt. Die Einzäunung des Bahnhofes erstreckt sich unter die Brücke, wodurch das Mauerwerk vollständig dem Bereich des Publicums entzogen ist. Ueberhaupt ist bei dieser Art Brücken zu bemerken, dass sie vermöge ihrer Construction viel weniger dem Verderben durch Fussgänger und Wagen ausgesetzt sind, wie das bei der gewöhnlichen Anordnung mit geraden Widerlagern der Fall ist.

Ein anderer interessanter Fall findet sich bei der Station Loivre zwischen Guignicourt und Reims. Ein Vicinalweg mit starkem Verkehr kreuzt die Eisenbahn an der Station. Die Gesellschaft war verpflichtet eine Brücke von 5 Meter Oeffnung zu erbauen. Aber da es wahrscheinlich war, dass die Wichtigkeit dieses Weges sich vergrössern und, durch die Station Loivre veranlasst, derselbe zur Departementalstrasse erhoben werden würde, so war zu fürchten, dass alsdann die Oeffnung der Brücke nicht hinreichen würde. Hier nun wurde die Schwierigkeit durch eine Brücke mit unterdrückten Widerlagern gehoben. Man errichtete einen Bogen von 12 Meter Oeffnung, der jetzt einen Weg von 5 Meter Breite, zwischen zwei Auftragsböschungen von 45° den Durchgang gestattet. Wenn nun später der Weg auf 7 Meter verbreitert werden soll, so genügt es die Strasse ein wenig abzuheben und die Böschungen steiler zu machen, indem man die Rasenbekleidung durch eine Abpflasterung ersetzt. Vermittelst einer geringen Ausgabe ist man also im Stande, ohne den Verkehr zu stören, einen Durchgang von 5 Meter Breite in einen solchen von 7 Meter Breite umzuwandeln. In dieser Voraussicht hat man jedem Gewölbeanfang 2 oder 3 behauene Gewölbesteine mehr zugesetzt, und einige Bruchsteine als Randsteine. Es ist also nur nöthig dieselben später aufzudecken, ohne im geringsten das Bauwerk selbst zu berühren. Dieser eben angeführte Fall kann sehr oft vorkommen, denn die Erbauung der Eisenbahnen wird eine grosse Aenderung in der Classification der Strassen, mit welchen dieselben in Verbindung treten, hervorbringen.

Man hat oft eine Wegunterführung in der Nähe eines Durchlasses zu errichten. Man kann hier den Durchlass in den Fuss des Kegels legen; dadurch wird derselbe kürzer und hat eine geringere Last zu tragen, welches letzteres eine billigere Construction zulässt.

Dieser Fall findet statt beim Durchgang durch den Weiler Fontaines, der zu der Gemeinde St. Maximin gehört, auf der directen Linie von Paris nach Creil.

Diese Aufgabe lässt sich noch auf eine andere Weise lösen. Man überspannt mit einem Bogen den Wasserlauf, welchen man unbedeckt lässt und neben den Weg legt, mit dem Weg selbst. Dieses System wurde angewendet, um den Bach von Rosne und einen Seitenweg von Gonesse zu überschreiten. Wenn es sich überhaupt darum handelt einen Wasserlauf zu überbrücken, so bietet diese Construction noch einen anderen Vortheil, welcher verdient angeführt zu werden. Während bei den gewöhnlichen Durchlässen die Durchflussöffnung sich mit dem Wachsen des Wassers verkleinert, so wird dieselbe bei einem Bogen mit unterdrückten Widerlagern, mit dem Wasser grösser. Das ausserordentliche Anschwellen des Wassers wird demnach weniger gefährlich.

Die bedeutende Weite des Bogens führt oft zu grossen Ersparnissen bei Gründungen der Bauwerke unter Wasser. Man kann im Allgemeinen die beiden Widerlager ausserhalb des Flussbettes setzen, wodurch man die Fangdämme vermeiden, und das Wasserschöpfen fast ganz umgehen oder doch sehr vermindern kann.

Ein Fall der Art bot sich dar, jedoch unter sehr verwickelten Umständen, bei dem Ueberschreiten des Seitencanals bei l'Aisne durch die Bahn von Laon nach Reims. Wenn man die gebräuchlichste Lösung angenommen hätte, so wäre die Gründung von Stützmauern in dem Canal nöthig geworden, um die Einschliessung zu bewirken, da in demselben Bette die Widerlager und ein Theil der Parallelmauern einer Brücke mit geraden Widerlagern zu gründen gewesen wären. Dieses hätte während der kurzen Zeit der Einstellung der Schifffahrt grosse Kosten für die Pfähle, unangenehmes Hinderniss für den Canalverkehr, und grosse Schwierigkeiten für das Niederbringen des Rostes und des Mauerwerks unter das Wasser verursacht.

Anstatt dessen wählte man eine Brücke von 22 Meter Oeffnung nach der Construction mit unterdrückten Widerlagern. Die Breite des etwas eingezogenen Canals ist 6 Meter, er ist mit einer um 45° geneigten Abpflasterung aus trockenen Steinen versehen, weiterhin kommen der Leinpfad und die Kegel des Auftrags.

Die Ausführung der Abpflasterung verlangte keine weitere Fundamentirung, und die Dauer des Schleussenschlusses war mehr als hinreichend, die Vollendung zu erlauben. Die Pfähle wurden während der Schifffahrt ausser dem Bereich des Canals eingeschlagen, und zwar nur in der ausserordentlich geringen Anzahl von 32 Stück für jedes Widerlager. Man konnte sie abschneiden und das Mauerwerk aufbringen, ohne jede andere Vorkehrung als eine geringe Unterstützung, und ohne das geringste Hinderniss für den Canalverkehr. Daraus ersieht man wohl, mit welcher Leichtigkeit man solche Brücken mit unterdrückten Widerlagern, bei Schifffahrtsstrassen von einer gewissen Wichtigkeit, anwenden kann. Ein russischer Ingenieur der diese Bauten besuchte, war ausserordentlich erstaunt über die Vortheile, welche eine solche Construction in rauherem Klima gewähren muss.

Die grossen Oeffnungen werden ausserdem die Schneeanhäufungen weniger gefährlich machen.

Aus einem letzten Gesichtspunct betrachtet, kann man bemerken, dass die langen Durchgänge, welche das gewöhnliche System mit sich bringt, namentlich wenn der Auftrag

sehr hoch ist, oft wahre Löcher und Cloaken bilden. Bei den Brücken mit unterdrückten Widerlagern hingegen bleibt die Breite des Bogens sich immer gleich, und die Unterführungen unter Eisenbahnen sind um so weniger beeinträchtigt und um so gesünder, als der Auftrag höher ist.

Die Anwendung des Systems ist überdies nicht auf Bauwerke mit einem Bogen beschränkt; es wurde auch bereits bei zwei grossen Viaducten, bei Chantilly und bei Comelle angewendet, und zwar so, dass die äusseren Bogen in dem Auftrag unterdrückte Widerlager haben. Der Erddruck bringt oft nachtheilige Wirkungen auf die Widerlager grösserer Bauwerke hervor, und um diesem zu begegnen, ist man zur Anwendung einer bedeutenden Masse von Mauerwerk genöthigt. Hier hingegen hat man die gewöhnlichen Dimensionen der Brücken mit unterdrückten Widerlagern beibehalten.

Damit schliessen wir das, was wir über die Brücken mit unterdrückten Widerlagern sagen wollten. Wir denken, dass dieselben recht bald eine allgemeine Anwendung finden werden, wie man denn auch dieses System bei manchen Bauten der Schweizer Bahnen, dem lombardischen und französischen Eisenbahnnetz zur Ausführung gebracht hat. S.

Ueber Redtenbacher's Berechnung der Balancirungsmassen bei Locomotiven.

Es ist bekannt, dass an den Triebrädern aller neuern Locomotive Gegengewichte angebracht sind, welche keineswegs genau der Kurbel gegenüberstehen.

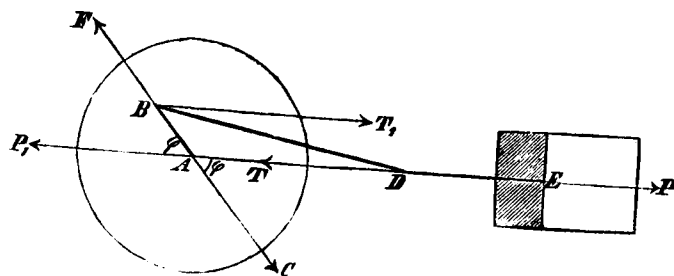
Die Grösse und Lage dieser Gegengewichte zu berechnen, lehrt Professor Hofrath Ferd. Redtenbacher in seinem bekannten Werke: „Gesetze des Locomotivbaues.“ Da dieser Gegenstand von allgemeinerem Interesse ist, und eine sehr einfache klare Darstellung zulässt, so erlauben wir uns, denselben hier vorzuführen.

Wird eine nicht balancirte Maschine an ihrem Rahmen mittelst langer Ketten aufgehängt, und durch Zulassen von Dampf in dieselbe Rotationsgeschwindigkeit versetzt, welche sie im Betriebe auf der Bahn besitzt, so bemerkt man, dass dieselbe zweierlei sehr heftige und mit der Kurbelstellung in Beziehung stehende periodische Bewegungen annimmt, ein Hin- und Herschwingen nach der Längenrichtung, und ein Hin- und Herdrehen um die durch den Schwerpunkt gehende Verticalaxe. Auf der Bahn stehend, erscheinen diese zweierlei, den gleichförmigen Fortlauf störenden Bewegungen als Zucken und als Schlingern oder Schwänzeln.

Diese Bewegungen entstehen dadurch, dass die horizontalen Kräfte an der aufgehängten Maschine sich nicht das Gleichgewicht halten, und können mithin nur durch Hinzufügung neuer Horizontalkräfte beseitigt werden. Diese zu ermitteln ist also die nächste Aufgabe.

Wir werden daher die auf die eine Kurbel wirkenden Horizontalkräfte aufsuchen, zu einer Resultirenden vereinigen, und eine dieser entgegengesetzt wirkende Kraft anbringen müssen,

Fig. 1.



Es sei Fig. 1 AB die Kurbel, φ der eben stattfindende Stellungswinkel derselben, BD die Schubstange, E der Kolben.

P der auf die Kolbenfläche ausgeübte Dampfdruck, welcher in gleicher Intensität auf den Cylinderdeckel ausgeübt, und durch den Rahmen und die Axenbüchse auf die Axe übertragen wird, $P_1 = P$.

Der Kolbendruck P wird durch Pleuellager und Kurbelstange auf die Kurbelwarze übertragen, vermittelt der in der Kurbelstange eintretenden Spannung, deren horizontale Componente $T_1 = T$ ist.

Die auf das Gleitstück wirkende Componente T ist jedoch nicht $= P$, weil sonst das Gleitstück und mit ihm der Pleuellager und die Pleuellagerstange eine gleichförmige Geschwindigkeit besitzen müssten.

Die wirkliche Geschwindigkeit ist aber nicht gleichförmig, sondern wenn $\varphi < \frac{\pi}{2}$ ist, beschleunigt, also ist nothwendig $P > T$.

Ausser den bis jetzt beachteten zwei Horizontalkräften $P_1 = P$ und $T_1 = T$, wirkt aber noch eine dritte Horizontalkraft auf die Axe, nämlich die horizontale Componente der Fliehkraft F , herrührend von der Masse des Pleuellagers.

Ist nun:

S das Gewicht der hin- und hergehenden Massen des Pleuellagers, der Pleuellagerstange und der Schubstange (letztere wird richtiger nur mit in Rechnung genommen),

q das Gewicht des Pleuellagers,

ρ der Abstand des Pleuellagermittelpunktes von der Axe,

ω die Winkelgeschwindigkeit, mit der die Kurbel rotirt, so ist bekanntlich die Fliehkraft:

$$F = \frac{q}{g} \cdot \rho \omega^2,$$

ihre horizontale Componente $= F \cos \varphi = \frac{q}{g} \rho \omega^2 \cos \varphi$ und somit die Resultirende aller auf die Axe wirkenden Horizontalkräfte:

$$X = P_1 - T_1 + F \cos \varphi$$

$$X = P - T + \frac{q}{g} \rho \omega^2 \cos \varphi, \quad (1)$$

in welcher Gleichung wir noch $P - T$ durch S auszudrücken haben.

Es ist aber $P - T$ die Kraft, welche die Masse vom Gewicht S beschleunigt, folglich nach dem allgemeinen Ausdruck einer beschleunigenden Kraft:

$$P - T = \frac{S}{g} \cdot \frac{du}{dt}, \quad (2)$$

95111 Die an jedem Rad anzubringenden Kräfte C_1 und c_1 setzen sich zu einer Resultirenden

$$R = \sqrt{C_1^2 + c_1^2} \quad (10)$$

zusammen, deren Lage durch die Gleichung

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{c_1}{C_1} \quad (11)$$

bestimmt ist.

Setzen wir statt C_1 , c_1 , die Werthe aus (9), so folgt:

$$\begin{aligned} R &= \frac{C}{2e_1} \sqrt{(e_1 + e)^2 + (e_1 - e)^2} \\ &= \frac{C}{2e_1} \sqrt{2(e_1^2 + e^2)} \\ R &= C \sqrt{\frac{1}{2} \left[1 + \left(\frac{e}{e_1} \right)^2 \right]} \quad (12) \end{aligned}$$

und

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{e_1 - e}{e_1 + e} \quad (13)$$

Wird in (12) statt C sein Werth (8) eingeführt, so folgt:

$$R = \frac{\omega^2}{g} (Sr + q\rho) \sqrt{\frac{1}{2} \left[1 + \left(\frac{e}{e_1} \right)^2 \right]} \quad (14)$$

Diess soll die Grösse der Fliehkraft sein, welche durch eine im Abstände ρ_1 von der Axe anzubringende rotirende Masse von dem noch unbekannten Gewichte Q hervorgerufen wird, also:

$$R = \frac{Q}{g} \cdot \rho_1 \omega^2 \quad (15)$$

Aus dem Vergleich von (14) und (15) folgt unmittelbar:

$$Q = \frac{Sr + q\rho}{\rho_1} \sqrt{\frac{1}{2} \left[1 + \left(\frac{e}{e_1} \right)^2 \right]} \quad (16)$$

(Vgl. „Gesetze des Locomotivbaues“ Seite 131.)

Durch (13) und (16) ist die gesuchte Balancirungsmasse nach Grösse und Richtung bestimmt.

Denkt man in Fig. 5 die Räder A und B übereinander gelegt, so erhalten die Massen Q_a , Q_b die Lage in dem Quadranten, der dem von den Kurbeln a , b gebildeten Quadranten gegenüber liegt.

Diess ist aber nicht immer so, und es muss die Rechnung, die, wie man sieht, sehr einfach ist, für jedes Maschinensystem besonders durchgeführt werden.

Maschinen mit aussen liegenden Cylindern erheischen einen grösseren Werth von $Q\rho_1$. Kann man also ρ_1 nicht grösser nehmen, d. h. hat man nicht grosse Triebräder, so kann Q ungebührlich gross ausfallen.

Es wäre nur noch zu erwähnen, dass die Richtigkeit der vorstehenden Theorie durch das in Redtenbacher's „Bewegungs-Mechanismen“ beschriebene, eigens zu diesem Zwecke ausgedachte, an der polytechnischen Schule in Karlsruhe befindliche Modell sehr gut nachgewiesen werden kann.

Gustav Schmidt,
k. k. Kunstmeister.

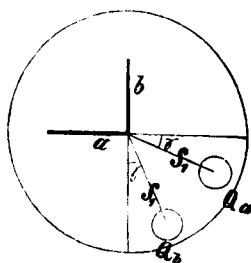


Fig. 5.

Ueber die Wasserversorgung von Wien mittelst artesischer Brunnen. *)

Die wissenschaftlichen Vorträge, welche theils in dem österreichischen Ingenieur-Vereine, theils in der k. Academie der Wissenschaften vom Herrn Professor Suess über die Gebirgsschichtenverhältnisse des Wiener Beckens bei Gelegenheit der Bewässerungsfrage für Wien gehalten wurden, sind durch die Zeitungen in weiten Kreisen bekannt gemacht worden, und geben mir Veranlassung, meine Ansichten über die Anlage artesischer Brunnen in Wien in Folgendem mitzutheilen.

Den vorausgegangenen erschöpfenden geognostischen Vorträgen mich anschliessend, erwähne ich, ehe ich auf die Nachweisung der technischen Möglichkeit der Ausführung artesischer Brunnen im Wiener Becken eingehe, nur die Folgerungen, welche in Nr. 282 der Ost-Deutschen Post vom 22. December 1858 mit den Worten zusammengefasst worden sind: „Das Wiener Becken besitzt zwei wasserführende Schichten in einer Tiefe von 900–1500', die noch nicht angebohrt wurden. Diese Schichten sind ohne Schwierigkeit zu erreichen; das Wasser hat 20 bis 25° R. Der grösste Theil unserer Stadt liegt über der Steigkraft dieses Wassers. Desshalb ist die Anlage artesischer Brunnen für eine allgemeine Bewässerung Wiens nicht zu empfehlen und nur dort zu rathen, wo ein bedeutender Localverbrauch stattfindet, z. B. in Fabriken etc.“

Da die Stadt Wasser bedarf und das Wiener Becken zwei wasserführende Schichten in einer Tiefe von 900' bis 1500', die noch nicht angebohrt worden sind, besitzt, so folgt daraus, dass man sich das bis heute nutzlos im Becken von Wien seiner Erlösung harrende Wasser heraufholen muss.

Diess kann nur durch Bohrlöcher geschehen. Die bisher gemachten vielfachen Versuche haben die Möglichkeit des Gelingens nachgewiesen. Fassen wir das Resultat sämtlicher Versuche in den bekannten beiden Bohrbrunnen auf dem Getreidemarkt und am Raaber Bahnhof zusammen.

Der Brunnen auf dem Getreidemarkt, welcher anfänglich eine Wassermasse von 8 bis 10,000 Eimer täglich lieferte, spendet jetzt nur spärliches Wasser. Diess liegt eines Theils daran, dass derselbe in zu engen Dimensionen begonnen wurde, so dass die Oeffnung desselben in der wasserführenden Sandlage nur noch 2 Zoll beträgt, theils liegt es in der Beschaffenheit der wasserführenden Sandschichte und ihrer nächsten Auflagerung. Das Wasser führt nämlich sehr viel Sand mit nach oben, dadurch verringert sich die Dichtigkeit der Sandlage, der es entspringt; die unmittelbar überlagernde Tegelschichte stürzt zusammen, verstopft die untere Mündung des Bohrloches, was die Folge hat, dass der Wasserzufluss zum Theil oder ganz versiegt.

Der Brunnen auf dem Raaber Bahnhofe liefert bis heute noch viel Wasser, dasselbe steigt aber nicht bis an die Oberfläche. Die Ursache des letzteren Uebelstandes liegt in der höheren Lage der Hängebank des Bohrloches, wenn man annimmt, dass beide Brunnen von einer und derselben wasser-

*) Vortrag, gehalten in der Generalversammlung am 19. Februar 1859.

führenden Sandlage gespeist werden. Jedenfalls würde auch dieser Brunnen Wasser zum Ausfliessen bringen, wenn er bis auf eine tiefere Wasserschichte niedergebracht worden wäre, denn nicht allein meine eigene, sondern im Allgemeinen alle Erfahrungen bei Anlegung artesischer Brunnen haben dargethan, dass je tiefer die Wasserschichten liegen, desto bedeutendere Steigkraft sie entwickeln.

Als ich in Breslau auf dem oberschlesischen Bahnhofe in den Jahren 1847 und 1848 in demselben Tegel, mit dem wir es hier zu thun haben, einen artesischen Brunnen bohrte, den ich mit einem Durchmesser von 18 Zoll begonnen habe, während ich bei einer Tiefe von 400 Fuss noch 10 Zoll Durchmesser behielt, zeigte sich bei den angebohrten drei Quellen: dass die erste bei 140' Tiefe das Niveau im Bohrloche nur unbedeutend, die zweite Quelle bei 222' Tiefe dasselbe um mehrere Fuss erhöhte, und die dritte Quelle bei 400' Tiefe sich über die Hängebank in einer Masse erhob, dass pro Minute 13 Cubicfuss = 7 Eimer, also in der Stunde 420 Eimer und in 24 Stunden 10080 Eimer wegliefen, deren Höhe bis 8 Fuss über die Oberfläche gebracht werden konnte.

Die hiesigen beiden Brunnen zeigten dieselbe Erscheinung, mit dem Unterschiede, dass die Steighöhe beim Brunnen auf dem Getreidemarkte bis 73 Fuss gebracht werden konnte, was dadurch erklärlich wird, dass die Weite des Brunnens dem Volumen des angebohrten Wassers angemessener war als in dem Brunnen zu Breslau.

Zur Zeit der Anlage der hiesigen Brunnen waren die geognostischen Verhältnisse des Wiener Beckens noch nicht so untersucht wie jetzt, was der Disposition über die technische Anlage artesischer Brunnen wie jedem Bau in die Tiefe keinen Vorschub leisten konnte. Dann war man in der Bohrkunst dazumal nicht so erfahren wie jetzt, denn letztere ist in kurzer Zeit mit so viel Erfahrungen bereichert worden, dass an ein Missglücken eines, wenn auch tiefen Bohrloches kaum mehr zu denken ist.

Bei den gegebenen Verhältnissen ist vor der Anlage eines artesischen Brunnens in Betracht zu ziehen: das Bohrloch in einem Durchmesser zu beginnen, der das Vordringen in eine bis jetzt noch unbekannte Tiefe, d. h. in die und durch die beiden wasserführenden Schichten, welche bis 1500' Tiefe abgelagert sein können, möglich macht. Da nämlich wegen des Seitendruckes des Tegels eine Röhrentour von einerlei Durchmesser nicht bis zu grossen Tiefen getrieben werden kann, gleichwohl das zu durchbohrende Gebirge besonders bei grösserem Durchmesser nicht consistent genug ist, um in sich selbst zu stehen, die Verröhrung bis auf feste Schichten nöthig macht, so müssen zeitweise wieder engere Röhrentouren durch die vorhergegangenen Touren durchgebracht und vorgetrieben werden.

Die natürliche Folge davon ist, dass das Bohrloch sich immerwährend verengt. Wenn man nun beabsichtigt, mit dem Bohrloche die wasserführende Schichte in einem Durchmesser von 1 Fuss anzufahren, so wird es leicht, da man weiss, dass eine Röhrentour im Tegel nur etwa 150' tief getrieben werden kann, den Durchmesser des Mundloches zu bestimmen.

Geht z. B. der Tegel bis 1000 Fuss Tiefe und verliert der Durchmesser des Bohrloches durch das Einbringen enge-

rer Röhren jedesmal 2 Zoll, so ergibt sich, dass mit einem Durchmesser von 26 Zoll angefangen werden muss.

Herr Ingenieur Kind, der mit Erfindung der verbesserten Bohrmethode vorausgegangen ist, gibt eine andere Methode an die Hand, durch nachfallendes Gebirge mit einer Röhrentour von einerlei Durchmesser in bedeutende Tiefen zu gelangen. Diess ist der Erweiterungsbohrer.

Angenommen, wir haben die Quelle des artesischen Brunnens auf dem Getreidemarkt mit dem weiten Bohrloch wieder erreicht, und das Wasser genügt weder qualitativ noch quantitativ, so verschliessen wir diese Quelle mit einer Röhrentour und dringen tiefer ein mit dem Bohrer und den Röhren, bis es uns gelingt, statt wie bisher am obern Rande der wasserführenden Cerithiensichten stehen zu bleiben, das Tiefste dieser Schichte zu erreichen.

Dadurch wird nicht allein eine grössere Wassermasse erlangt, sondern es ist zu hoffen, dass der wasserführende Sand mächtiger, reiner und grobkörniger wird. Das letztere ist deshalb sehr günstig, weil der grobkörnige Sand nicht so leicht in die Höhe steigt und das Bohrloch verstopft.

Ist das Resultat noch nicht genügend, so erlaubt die bedeutende Weite des Bohrloches ein noch tieferes Vordringen.

Sind aber die tiefer erbohrten Wasser ungünstig, so hat man es in der Gewalt durch Herausziehen der tiefsten Röhrentour das Gebirge wieder zusammenstürzen und die Quellen verstopfen zu lassen.

Gesetzt nun, das Wasser wäre zum Trinken nicht zu brauchen, sei es wegen seiner hohen Temperatur oder wegen seines Gehaltes an Bitumen, so wird es der Industrie sehr wohl möglich werden, die Temperatur zu ermässigen und das Wasser seiner unangenehmen Eigenschaften zu entäussern.

Was schadet es übrigens, wenn das Wasser nicht trinkbar ist. Wir bedürfen dasselbe nicht bloss zum Trinken, sondern auch zum Reinigen. Wie nützlich zeigt sich ein fliessendes Wasser für Casernen, für Fabriken, für Markthallen, ferner zur Verdünnung schlechter stehender Wassermassen und träge fliessender Flüsse! Wie wichtig ist ein raschfliessendes Wasser als Motor zur Fortschaffung des Unrathes in Cloaken und Canälen!

Den Nutzen des Herbeiführens unterirdischer Wässer von höherer Temperatur weiss gewiss jede Wassermühle zu schätzen, wenn es verwendet wird, das Räderwerk vor dem Vereisen zu schützen; ja die Menge des emporfluthenden Wassers ist durch ein Beispiel genügend dargethan, wenn ich bemerke, dass bei Berg zwischen Stuttgart und Cannstatt auf einer Fläche von circa einem Joche 5 Brunnen von 5 Zoll Durchmesser gebohrt worden sind, welche eine solche Menge Wasser seit etwa 30 Jahren ausströmen, dass etwa 100 Klafter unterhalb derselben eine mehrgängige Mühle in Betrieb gehalten wird.

Was das Versanden des Brunnens anbelangt, so gibt es Mittel, dasselbe beinahe ganz zu beseitigen, indem man nämlich so wie bei Senkbrunnen eine dem Drucke des Sandes nach oben entsprechende Quantität Kies im Tiefsten des Bohrloches einbringt.

Wenn man nun, wie angenommen wird, durch artesischen Brunnen nicht den ganzen Wasserbedarf für Wien beschaffen

kann, so wird es doch schwer werden und theuer zu stehen kommen, durch eine Wasserleitung aus der Ferne den Bedarf zu decken, wobei aber auch nicht alle Bedürfnisse werden berücksichtigt werden können, oder man müsste theure Wasserhebungsmaschinen verwenden, welche immerwährend Unterhaltungskosten verursachen, die ebenfalls den ganzen Bedarf nicht decken, während geschickt vertheilte artesischen Brunnen nur ein geringes Anlagecapital erfordern und nur selten eine Reinigung bedürfen.

Ein artesischer Brunnen von den oben angegebenen Dimensionen kann an Anlagskosten etc. circa 60,000 fl. C. M. in Anspruch nehmen.

Ich glaube daher aufmerksam machen zu müssen, dass, mögen für Wien Wasserführungen welcher Art etablirt werden, man vor allem an die artesischen Brunnen gewiesen sei, die nicht umgangen werden sollten, und dass es, wenn einmal nachgewiesen ist, wie viel Wasser aus der Tiefe erwartet werden dürfe, es leichter sein werde, die weiteren nöthigen Anstalten zur Wasserversorgung Wiens zu calculiren und zu gründen, um so mehr, da die Anlagekosten artesischer Brunnen kein zu grosses Risiko sind, ehe man für andere Anlagen Millionen aufzuwenden sich entschliesst.

W. Stoz,

Bohringenieur in Padochau
bei Eibenschütz in Mähren.

Ueber die Anwendbarkeit der Galizischen Asphaltsorten zu bautechnischen Zwecken *).

I. Note des k. k. Finanz-Landes-Directions-Präsidiums an die k. k. geologische Reichsanstalt.

Das reichliche Vorkommen von Bitumen in der Nähe der ausgedehnten Salzlager in Galizien verspricht eine nennenswerthe Erwerbs- und Handelsquelle zu werden, wenn der daraus erzeugte Asphalt für die Verwendung zu baulichen Zwecken anderen brauchbaren Asphaltsorten gleich wäre, oder mit entsprechend geringem Kostenaufwande gleich gebracht werden könnte.

Die verhältnissmässig geringen Kosten, welche die Erzeugung von Deckasphalt aus den hierlands vorkommenden verschiedenen Bitumengattungen in Anspruch nimmt, wie nicht minder die Eigenschaften guten Asphalts gegen die zerstören-

*) Wie aus den in der Zeitschrift mitgetheilten Berichten über die Monatsversammlungen des österr. Ingenieur-Vereines bekannt ist, hatte sich das hochlöbl. k. k. Galizische Finanz-Landes-Directions-Präsidium (mittelst der oben unter I mitgetheilten Note) an die k. k. geologische Reichsanstalt mit dem Ersuchen gewendet, über mehrere vorgelegte galizische Asphaltsorten bezüglich deren Verarbeitung, technischen Anwendung, etc. in Verbindung mit dem österr. Ingenieur-Verein gutachtlich sich zu äussern. Dieser Gegenstand wurde von der k. k. geologischen Reichsanstalt an den österreichischen Ingenieur-Verein abgetreten, welcher zur Erledigung desselben eine Commission bestellte, deren Bericht, nebst den von Hrn. R. Freihrn. v. Reichenbach ausgeführten chemisch-technischen Untersuchungen wir hiemit mittheilen.

den Einflüsse der Nässe und Salzfeuchte an Mauerwerken veranlasste die k. k. galizische Finanz-Landes-Direction bei den neuen Salinenbauten und namentlich bei dem gemanerten Pfannhause der Saline Lacko von dem in dessen Nähe vorkommenden Bitumen die erste Anwendung zu machen.

Der Erfolg der daselbst hergestellten Asphaltarbeiten, welcher die weitere Verwendung des gedachten Baustoffes zu anderen Salinenbaulichkeiten bestimmen sollte, ist so ungleich und widersprechend, als die über dessen Eignung zu dem beabsichtigten Zwecke herrschenden Ansichten.

Dieses und die von einer Seite aufgestellte Meinung, der galizische Asphalt wäre seiner Eigenschaft nach zu baulichen Zwecken unbrauchbar, veranlassen mich die löbl. k. k. geolog. Reichsanstalt um die gefällige Untersuchung der angeschlossenen Asphaltmuster, und etwa nach Einholung eines Gutachtens von Seite des österreichischen Ingenieur-Vereines um die Eröffnung der Wohlmeinung über die nachfolgenden Fragen höflichst zu ersuchen und zwar:

1. Besitzt das angeschlossene Muster I, welches reiner galizischer Gudron ist, die Eigenschaften, welche zur Bereitung eines guten Deckasphaltes erforderlich sind, und in welchem Grade?

2. Sind die angeschlossenen mit II und III hezeichneten Asphaltstücke anderen bei den Bauten verwendbaren guten Asphaltsorten an Qualität gleich, oder fehlen denselben Bestandtheile, die zu einer dauerhaften und von Wasser undurchdringlichen Asphaltirung gehören; können die fehlenden Bestandtheile endlich dem hierländigen Asphalt bei dessen Verarbeitung noch beigelegt werden, und im welchem Verhältnisse müsste dieses geschehen?

3. Ist von einer Asphaltirung überhaupt und unter welchen Verhältnissen die Sicherung des Mauerwerkes der Fuss- und Rohrböden vor dem Durchdringen der Salzwasserdämpfe, des verzettelten Wassers und der Soole selbst zu erwarten oder nicht — und im letzteren Falle, welches Materiale bessere Dienste leisten würde als Asphalt?

4. Welche Vorsichten sind bei der Verarbeitung dieser Asphaltgattung anzuwenden, um den daraus hergestellten Pflasterungen neben der erforderlichen Härte bei warmer, die nöthige Elasticität bei kalter Jahreszeit zu geben?

5. Ist dort, wo die Asphaltirung der Terrassen nicht betreten werden muss, die Ueberdeckung derselben mit Erde und Rasen von Vortheil für die Trockenheit der unterhalb der Terrassen liegenden Räumlichkeiten und in welchem Grade wird die Dauerhaftigkeit des Asphaltes an so bedeckten Stellen, gegen jene, welche der Sonne und den Frösten mehr ausgesetzt sind, im Vortheil oder im Nachtheile sein, und soll der Asphalt an bedeckten Orten in sprödem oder elastischem Zustande angewendet werden? endlich

6. Ist von der Asphaltbekleidung der innern Wände aus Holz erbauter Soolenbehälter, in welchen die Salzflüssigkeit 10 Fuss hoch ansteht, eine vollkommene Wasserdichtigkeit zu erwarten oder nicht, und im ungünstigen Falle — welche Mittel zu wählen wären, damit die Soole vor dem Ausrinnen aus denselben geschützt werde?

Schliesslich werden die von dem hierortigen Bauingenieur zusammengestellten Notizen über das Asphaltvorkommen in

Galizien; ferner die bisher stattgefundene Asphaltbereitung und Verarbeitung zur gefälligen Prüfung der letzteren Vorrichtungen und Mittheilung der Wohlmeinung hierüber angeschlossen, und die Bitte beigefügt, im Falle eine Verbesserung angedeutet wäre, diese möglichst im Detail angeben zu wollen.

Lemberg am 13. Juli 1857.

Emminger m. p.

II. Notizen über das Vorkommen, die Erzeugung und Verarbeitung des Asphaltes zu baulichen Zwecken in Galizien.

Vorkommen. — Die Bitumengattungen, wie sie in Galizien am Fusse der Karpathen fast ausschliesslich in der Hangendseite der Salzlager vorkommen, sind der stete Begleiter der letzteren, und zerfallen in folgende Varietäten, als:

- a) Das dünnflüssige Bergöl;
- b) der Bergtheer;
- c) der Rasenasphalt;
- d) der bituminöse Sand;
- e) der Asphaltstein.

Erstere zwei Sorten, von einander bloss durch das spec. Gewicht zwischen 0,824 und 0,920 unterscheidbar, sind durch das Muster a) vertreten, und kommen oft selbst aus einer und derselben Quelle in verschiedenen Dichtigkeitsgraden und zwar vereinzelt oder in der nächsten Nähe an einander unabhängig von dem Vorkommen der festen Bitumensorten vor, und werden durch Abschöpfen aus den quellreichen Bergölgruben gewonnen.

Die festen Bitumensorten sind noch in keinem Orte in Galizien ohne Begleitung von zu Tage quellendem Bergöl oder Bergtheer gefunden worden, und sind daher auch mit ganzer Sicherheit als Producte anzusehen, welche im Wege der Verharzung der flüssigen Bitumen durch Aufnahme von Sauerstoff entstehen.

So ist der unter Bezeichnung B) anliegende Asphaltstein, ein mit Bergöl durchdrungenes Gebirge, an den sonst armen Bergölquellen von Kozmacz im Kolomeäer Kreise, und der ebenso mit C) bezeichnete Rasenasphalt ein an eben diesem Orte sich bildendes Fossil, welches in angedeutetem Wege entsteht, indem der unter dem Rasen austretende Theer von der Sonne an die Oberfläche gezogen, seine Verdichtung gemengt mit Dammerde und Graswurzeln erleidet. Der mit Bezeichnung D) anliegende bituminöse Sand ist aus der sonst weissen, reinen und ziemlich mächtigen Sandlage bei Strzelbica im Samborer Kreise, welche ortweise, wo diese mit Bergölquellen in Berührung kommt, durch die Einwirkung der Sonne sich bildet.

Dieses Muster ist zwar hart, weil es von der äussersten der Sonne ausgesetzten Fläche genommen ist, und die mit vorgeschrittener Verharzung eine feste Bindung bewirkte; es nimmt seine Dichtigkeit, d. i. die Härte und spec. Gewicht, gegen das Innere des Asphaltlagers in gerader Abstufung ab, bis der Stein am Ende in ein lockeres und klebriges Gemenge von Theer und Sand, endlich in die Consistenz der Melasse endet.

Verarbeitung der Bitumen zu Asphalt. — Die flüssigen Bitumen, welche in allen ihren Dichtigkeitsgraden für nichts anderes als ein noch nicht bis zur Verharzung in festem

Zustande gelangtes Gudronmineral, s. g. Erdpech, Bergpech, Judenpech, Asphalt etc. anzusehen sind, werden auf Destillir-Apparaten von den leichtflüssigen und ätherischen Substanzen, der sogenannten Naphta, befreit, und liefern den mit Bezeichnung I beiliegenden Gudron, welcher, je nachdem mehr oder weniger Naphta abgezogen wurde, elastisch oder spröde, ja bis zur Härte der Steinkohle gebracht werden kann.

Für die Verarbeitung zu Asphalt lässt man demselben gerne noch mehr Naphta, als es das anliegende Muster zeigt und versetzt ihn noch sogar mit Bergtheer, wenn man, wie für die Vorasphaltirung, demselben mehr Elasticität geben will.

Das Muster II ist ein Gemenge von Gudron I und gemalenem bituminösen Sand von Muster D), und in dieser Dichtigkeit pflegt man denselben als Pflasterasphalt mit Beimengung von grobem Sand zu verwenden, wobei er eine zum Begehen taugliche Härte besitzen soll. — Will man die Härte steigern, so lässt man durch längeres Sieden im Kessel noch Naphta verdampfen, während man Bergöl zugiesst, wenn die Consistenz eine mehr elastische sein soll.

Man bereitet in Galizien und namentlich in Starasol aus dem Strzelbicer bituminösen Sandstein ebenfalls Asphalt und zwar durch Kochen des gemalenen Sandes in schwach gesättigter Pottaschenlösung. Diese Manipulation gibt eine klebrige Bitumensorte, die ohne Beisatz von Gudron zu keinem festen Asphalt gebracht werden kann, sondern mit etwas Bergtheer versetzt, höchstens die Consistenz der Probe E) annimmt.

Soll dieses, wenig bindendes Bitumen enthaltende, Gemenge zur Verarbeitung brauchbar sein, so muss demselben etwas Gudron beigesetzt, d. i. mit diesem in einem Kessel gekocht werden, wodann man ein Material nach Probe III erreicht, die ebenso wie die Probe II weicher oder härter gemacht werden kann, indem man derselben mehr oder weniger flüssiges Bitumen belässt.

Verarbeitung des Asphaltes. — Die Asphaltblöcke werden vorerst in Stücke geschlagen, und nachdem man in einen Kessel von 2 Cubicfuss eine Maass Bergöl geschüttet und siedend gemacht hat, nach und nach durch Wärme aufgelöst. Ist nahezu $\frac{3}{4}$ Theil des Kessels mit siedendem Asphalt voll, so wird vorher heiss gemachter grober Kiessand in den Kessel eingetragen, und die Feuerung so lange fortgesetzt, bis die aus dem Kessel entweichenden weissen Dämpfe eine etwas gelbliche Färbung annehmen. Sodann wird aus dem Kessel eine Probe genommen, und erst dann wird der Asphalt nach den gelegten Eisenschienen ausgestrichen und mit Sand überschüttet, wie auch geglättet, wenn es sich zeigt, dass die kalt gewordene Asphaltprobe keinen erdigen, sondern einen mehr ins Glänzende übergehenden derben Bruch hat.

Diese Art Asphaltirung ist die Vollendungslage von 3^{'''}, und dieser geht die Vorasphaltirung voran, welche ebenfalls 3^{'''} dick, jedoch von weicherer Consistenz ist, weil auf den meisten Stellen, wo Asphaltpflaster kommt, und diese unter freien Himmel auf Gewölben liegen, noch mit Gerüstungen manipulirt werden muss, und die Gewölungen bis zur Beendigung des Asphaltpflasters vor Regen geschützt werden wollen. — Asphaltirungen der bewohnten und verputzten Bohlgewölungen wurden aus dem Materiale, Muster II angefertigt, welchem jedoch 5 pCt. vegetabil. Pech und etwas

reiner Quarzsand beigemischt wurde, ebenso auch Sockelverkleidungen und Isolierungsschichten an den Hauptmauern. Der für die Terrassenstellen, welche nicht betreten, daher mit Rasen und Erde geschützt werden sollen, bestimmte Asphalt ist jenem gleich, wie für die Bohlgewölbsverputzung; doch sollen demselben noch 5 pCt. weiches Gudronmineral, ähnlich dem in Muster I anliegenden, und der nöthige Kiessand beigemischt werden. Für Asphaltirungen, welche den Temperatureinflüssen weniger als das ersterwähnte betretene Terrassenpflaster ausgesetzt, dagegen jedoch öfter begangen werden, beabsichtigt man den Asphalt nach Muster III zu geben.

Lemberg am 13. Juli 1857.

Kuhn,
Bauingenieur.

III. Vergleichende Untersuchung einiger galizischer Asphaltproben.

Auf Wunsch des löblichen Verwaltungsrathes des österreichischen Ingenieur-Vereines unternahm ich die chemisch-technische Untersuchung einiger natürlichen und künstlichen Asphalt-Proben, welche von der k. k. Finanz-Landes-Direction zu Lemberg hieher eingesendet worden waren, eine Arbeit, zu deren Vornahme mir die Benützung des Laboratoriums der k. k. geologischen Reichsanstalt gütigst gestattet wurde.

Alle betreffenden Versuche, welche übrigens im möglichsten kleinsten Maassstabe ausgeführt wurden, haben eine durchaus practische Richtung verfolgt, indem als ihr einziger Zweck im Auge behalten wurde, über die sicherste Art und Weise der technischen Ausbeutung jener ausgedehnten bituminösen Gesteinschichten, welche die grosse galizische Steinsalzformation überall begleiten, weiter ins Klare zu kommen.

Indem ich nun die Ergebnisse dieser Untersuchung der einzelnen mir vorgelegten Asphaltarten hier voranstelle, behalte ich mir vor, derselben am Ende dieses kurzen Berichtes einige wenige Schlussfolgerungen mit Bezug auf die Praxis selbst nachfolgen zu lassen.

1. Bituminöser Sandstein, Asphaltstein (Probe B) aus Galizien.

Dieser stellt ein festes Gestein dar von brauner Farbe, welches sich leicht zu feinem Pulver zerstoßen lässt.

Es besteht in 100 Theilen aus

7,75 Bitumen (Erdöl und Erdharz),

92,25 feinem Kieselsand, unlöslich in Säure.

Bei langsamer trockener Erhitzung des bituminösen Steinspulvers entwickeln sich anfangs reichlich blaue bituminöse Dämpfe, welche sich sehr leicht entzünden, mit heller Flamme brennen, aber viel feinen Russ absetzen, wenn sie kalte Flächen berühren. Dabei schwärzt sich die braune Sandmasse allmählig und gibt Kohle, welche aber erst in merklich höherer Temperatur vollkommen verbrennt und einen fast weissen Sand als festen Rückstand hinterlässt.

Mittels Schwefelkohlenstoff oder Terpentinöl lässt sich der ganze Bitumengehalt aus dem gepulverten Asphaltstein leicht vollständig ausziehen, während fast weisser Sand zurückbleibt.

Nach dem Verdunsten der so erhaltenen dunkelbraunen Lösung bleibt ein kastanienbraunes festes und glänzendes Erdharz in der Schale zurück.

Gewöhnlicher Alcohol greift diesen Asphaltstein nur wenig an und hinterlässt sein Pulver mehr grau gefärbt. Die leichte alcoholische Lösung gibt beim Verdunsten einen geringen wachsähnlichen Rückstand. Das grau gewordene Gesteinspulver selbst entwickelt bei trockener Erhitzung nur wenig bituminöse Dämpfe mehr, indem vorzugsweise das Erdöl von Alcohol aufgenommen wurde; es wird indess schwarz durch Verkohlung des übrigen Erdharzes, und gibt nach Verbrennung dieser Kohle wieder weissen Sand als Rückstand.

Verdünnte Lösung von Aetzkali macht das Pulver des Asphaltsteinsteines bei längerem Kochen grau, hat indessen nur wenig Bitumen aufgenommen. Denn der ausgekochte Rückstand gibt bei trockener Erhitzung noch viel bituminöse Dämpfe aus, liefert dann Kohle und endlich fast weisse sandige Asche, wie vorher.

Kochen mit reinem Wasser äussert auf den bituminösen Sandstein eine unbedeutende Einwirkung. Die braune Sandmasse ist zwar etwas mehr grau geworden, zeigt aber bei nochmaliger trockener Erhitzung dasselbe Verhalten, wie die nicht gekochte Probe. Das Wasser bleibt dabei völlig klar und farblos und eine merkliche Trennung von Sand und Bitumen ist nicht erfolgt, sondern man gewahrt höchstens das Entweichen von bituminösen Dünsten zugleich mit den Wasserdämpfen.

2. Bituminöser Sand, Asphalt sand (Probe D), aus Galizien.

Schwarzbraun, fettig und abfärbend, weiche bröckliche Masse. Derselbe ist in 100 Theilen zusammengesetzt aus 14,70 Bitumen (Erdöl mit Erdharz), 85,30 feinem, unlöslichem Kieselsand, fast weiss.

Terpentinöl etc. vermag hier wieder alles dunkelbraune Bitumen leicht auszu ziehen und lässt gelblich weissen Sand zurück.

In trockener Hitze erweicht die bituminöse Sandmasse nur sehr wenig und behält ihre sandige Beschaffenheit, ohne merklich zu schmelzen. Nach Entwicklung reichlicher bituminöser Dämpfe bleibt indess eine harte coaksähnliche Kohle, welche langsam zu feiner sandiger Asche verbrennt.

Beim Auskochen mit reinem Wasser, welches ganz klar bleibt, erscheinen wenige ölige Theilchen auf der Oberfläche der Flüssigkeit, während die Wasserdämpfe flüchtiges Bitumen fortführen. Der bei weitem grössere Theil des Bitumens bleibt jedoch sammt dem Kieselsand als schwarzbraune Masse am Boden zurück, und verhält sich nachmals bei trockener Erhitzung fast ganz so, wie der nicht ausgekochte Asphalt sand.

Längeres Kochen des bituminösen Sandes mit concentrirter Chlورcalcium-Lösung veranlasst zwar eine sichtbare Ausscheidung von flockigen oder faserigen Erdharztheilen an ihrer Oberfläche, während gleichzeitig ölige Dämpfe entweichen. Dennoch bleibt auch hierbei der weit grössere Theil des Bitumens am Boden und mit dem Sande fest verbunden zurück, welcher seine schwarzbraune Farbe nicht verliert und sich nachmals gegen trockene Hitze kaum anders verhält, als

der ungekochte rohe Asphaltsand. Eine wirkliche Trennung von Sand und Erdharz war abermals auf diesem nassen Wege nicht so weit gelungen, um eine practische Anwendung dieses Verfahrens vorthellhaft erscheinen zu lassen.

3. Rasenasphalt (Probe *C*) aus Galizien; weiche und zähe, zum Theil faserige Masse, im frischen Bruche von schwarzbrauner Farbe. Diese liefert auf 100 Theile

64,09 Bitumen (Erdöl und Erdharz),

35,91 feinen Kieselsand.

In trockener Hitze wird diese bitumenreiche Substanz sehr weich, ohne übrigens zu vollständiger Schmelzung durch die ganze Masse zu gelangen, so dass ein Aussaigern des Bitumens vom sandigen Rückstand auch hier sich nicht möglich zeigt. Reichliche Entwicklung leicht brennbarer bituminöser Dämpfe geht dann der Bildung von fester Kohle voran, nach deren langsamer Verbrennung feiner Kieselsand als Asche verbleibt.

Gegen concentrirte Chlorcalcium-Lösung verhält sich dieser Rasenasphalt ganz verschieden von beiden obigen bituminösen Sandmassen, indem er auf der flüssigen Oberfläche schwimmt, in der Siedhitze noch etwas weicher wird und sich endlich zu einem einzigen Klumpen zusammenballt. Eine Abscheidung des Sandes vom Erdharze konnte auf diesem Wege hier abermals nicht bewirkt werden.

Verwandelt man den Rasenasphalt durch Zusatz von sehr wenig Erdöl, oder auch Steinkohlentheer, unter Beihilfe von Wärme in einen dickflüssigen Brei, so liefert dieser nach dem Erkalten einen festen Harzkuchen, welcher mehr oder weniger erhärtet, je nach der Dauer der vorangegangenen Schmelzung.

4. Künstlicher Asphaltmörtel (Probe *III*) aus Galizien; trockene, feste und harte Masse, nicht abfärbend; enthielt in 100 Theilen 20,34 Bitumen (Erdöl und Erdharz), und 79,66 feinen Kieselsand, gemengt mit wenig größerem.

Derselbe erweicht in trockener Wärme zu sehr dickem Brei, ohne recht in Fluss zu kommen; verbrennt bei fortgesetzter Erhitzung mit lebhaft leuchtender Flamme zu sandiger Asche.

5. Künstlicher Asphaltmörtel (Probe *II*) aus Galizien; etwas fettig und abfärbend, auch weniger fest als der vorige (*III*).

Derselbe war in 100 Theilen zusammengesetzt aus

18,52 bituminöser Substanz,

81,48 feinem Kieselsand nebst etwas größerem.

Dieser Asphalt wird in trockener Hitze viel weicher als der vorige und schmilzt vollständig zu dickem Brei zusammen. Nach längerem Erhitzen wird derselbe steif und trocken, verkohlt endlich und verbrennt zu Asche. Seine leichtere Schmelzbarkeit kann offenbar nur auf einem grösseren Verhältniss des Erdöls zum Erdharz beruhen, nachdem die Gesamtmenge des Bitumens sich sogar etwas geringer ergab, als jene in der vorhergehenden Probe.

6. Asphaltmörtel, zum Trottoirpflaster am Burgthor in Wien verwendet, sog. Dalmatiner Asphalt. In festen Blöcken schwarzbraun, trocken und nicht abfärbend. Derselbe enthielt in 100 Theilen

14,80 bituminöse Substanz,

85,20 feinen Kalksand, mit etwas größerem gemengt, in Säure unter Brausen fast ganz auflöslich.

Dieser künstliche Asphalt, zur bessern vergleichenden Beurtheilung der vorangestellten galizischen Asphaltmörtel in die gegenwärtige Untersuchung mit einbezogen, liess sich durch trockene Hitze leicht erweichen und lieferte einen dickflüssigen, plastischen Brei, welcher nach dem Wiedererkalten die früheren Eigenschaften des festen Mörtels erhielt. Bemerkenswerth an demselben ist besonders das geringe Verhältniss des gesamten Bitumens zum sandigen Rückstande, welches gleichwohl seiner vollkommenen Schmelzbarkeit keinen merklichen Eintrag thut, was wiederum auf das Vorhandensein einer grösseren Menge von Erdöl neben dem Erdharz hindeutet, als es namentlich in den natürlichen Asphaltmassen zu finden war.

Zum Schlusse dieser beschreibenden Darstellung werde noch eine kurze Uebersicht sämmtlicher oben untersuchter Asphaltproben hier vorgeführt.

Asphaltproben		Bituminöse Substanz	Sandiger Rückstand
1. Fester bituminöser Sandstein (<i>B</i>)	aus Galizien	7,75	92,25
2. Weicher bituminöser Sand (<i>D</i>)		14,70	85,30
3. Rasenasphalt (<i>C</i>)		64,09	35,91
4. Asphaltmörtel (<i>III</i>)		20,34	79,66
5. Asphaltmörtel (<i>II</i>)		18,52	81,48
6. Wiener Trottoir-Asphalt		14,80	85,20

Die vergleichende Betrachtung der im Vorstehenden ermittelten Zusammensetzung und Eigenschaften obiger natürlicher Asphalte gestattet nun im Wesentlichen nachfolgende Schlüsse in Hinsicht auf practische Anwendung zu ziehen:

1. Die relative Menge des im Ganzen vorhandenen Bitumens im Verhältniss zu dem sie begleitenden Sandgehalt gibt keinen sichern Maassstab ab für die Schmelzbarkeit und plastische Eigenschaft der Asphalte überhaupt, indem die an Bitumen ärmeren künstlichen Sorten (wie Probe *II* aus Galizien und namentlich der Wiener Trottoir-Asphaltmörtel) alle übrigen reichern Sorten, besonders die natürlichen Sandasphalte hier übertreffen, ja selbst dem so fetten Rasenasphalt es zuvorthun. Es ergibt sich hieraus, dass die eigene Zusammensetzung selbst, d. h. das Verhältniss von Erdöl zum Erdharz darin auf jenes für die technische Verarbeitung so wichtige Verhalten vom grössten Einflusse ist.

2. Die Behandlung der natürlichen sandigen Asphaltmenge, mögen sie mehr oder weniger reich an Bitumen sein, mit kochenden Auflösungen von Salzen wie Pottasche, Chlorcalcium etc. erscheint als kein zweckdienliches Verfahren, um dieses Bitumen von der überschüssigen Sandmasse abzuscheiden und solches in reiner Form zu gewinnen, indem eine Trennung des Erdharzes von Sand dadurch nur in sehr geringem Maasse bewirkt wird, während anderseits viel werthvolles flüchtiges Erdöl zugleich mit den heissen Wasserdämpfen entweicht.

3. Nur mittelst der ätherischen Oele, wie Schwefelkohlenstoff, Terpentinöl, oder der Oele von der trockenen

Destillation von Steinkohlen, Holz etc. ist eine vollkommene Ausziehung des sämmtlichen Bitumens aus der rohen Asphaltmasse leicht und sicher zu bewerkstelligen, ein Verfahren, das jedoch in den meisten Fällen zu kostspielig sein dürfte, um auf diese Weise das Erdharz in Grossem abscheiden und rein gewinnen zu können.

4. Die Zusammenhangsstärke oder Festigkeit, welche eine geschmolzene Asphaltmasse nach dem Erkalten anzunehmen vermag, erscheint gleichfalls nur wenig abhängig von der relativen Menge des sämmtlichen Bitumens darin, indem die natürlichen Asphalte (wie Probe C und D) den minder reichen künstlichen in dieser Beziehung zum Theil bedeutend nachstehen.

Diese Festigkeit gegen Bruch zeigte sich nämlich vorzugsweise durch die mechanische Beschaffenheit der sandigen Zusätze bedingt, nicht aber durch deren chemische Natur. Denn der Asphaltmörtel (II) aus Galizien und jener zum Wiener Trottoir, welche sich äusserlich ziemlich gleich fest darstellen, enthalten der eine reinen Kieselsand, der andere nur Kalksand, aber beide zum Theil von etwas gröberem Korn als es die natürlichen Sandasphalte mit sich führen.

Um nun über dieses letztere, für die Baupraxis wichtig erscheinende Verhalten der Asphalte völlig ins Klare zu kommen, wurden einige weitere Versuche im Kleinen angestellt, die sich zunächst auf die Beimischung verschiedenartiger Zusätze bezogen, durch welche die natürlichen galizischen Asphaltmassen unmittelbar in Mörtel umgewandelt und zur Verwendung brauchbar gemacht werden könnten.

Eine Portion Rasenasphalt (C) versetzte ich mit einer geringen Menge Steinkohlentheer oder auch natürlichem Bergtheer, welche eben nur hinreichte, in der Wärme damit einen gutfliessenden Brei herzustellen.

Es wurde darauf so viel grob gestossenes Ziegelgrus zugesetzt, dass die Masse sich zu verdicken begann, und sodann kurze Zeit aufkochen gelassen. Nach dem Ausgiessen und Erkalten nahm der so erhaltene künstliche Asphaltmörtel sofort eine Festigkeit und Härte an, welche ihn ohne Zweifel zur Benützung für mancherlei Bauzwecke geeignet machen würde.

Einer gewissen Portion bituminösem Sand oder Sandasphalt (von Probe D) aus Galizien setzte ich nur eben so viel Steinkohlentheer oder Bergtheer zu, um sie noch in der Wärme in guten Fluss bringen zu können. Nach kurze Zeit fortgesetztem Einkochen wurde die geschmolzene Masse als dicker Brei ausgegossen und erkalten gelassen. Sie hatte jedoch durch diese Behandlung an Festigkeit gegen ihren natürlichen Zustand, in welchem sie kaum für sich schmelzbar ist, so wenig gewonnen, dass sie noch durchaus keinen brauchbaren Asphaltmörtel vorstellen konnte, indem sie weich und zerreiblich blieb, wie vorher.

Denselben Sandasphalt (D) versetzte ich nun mit noch etwas mehr Steinkohlentheer, um einen ziemlich dünnen Fluss desselben mittelst Wärme zu erreichen, gab dann der schmelzenden Masse so viel grüblisches Ziegelgrus oder Kies zu, als sie eben aufnehmen konnte, ohne die Schmelzbarkeit zu verlieren, und erhitzte noch eine kurze Zeit lang. Nach

dem Erkalten erhielt ich abermals einen festen und harten Asphaltmörtel oder eine künstliche Steinmasse, welche manche practische Verwendbarkeit hoffen liess. Das beigemengte Ziegelgrus war absichtlich zuvor von allen feineren Theilen durch Sieben befreit worden und bestand aus eckigen Körnern von der Grösse einer Hirse bis zu der einer Erbse. Ein gleich grober Quarz- oder Kalkgrus leistete übrigens denselben guten Dienst.

Dieser ausserordentliche Unterschied, welchen obige Versuche herausstellten, bezüglich der Festigkeit und Härte, die sich künstliche Asphaltmassen aneignen, je nachdem dieselben ausschliesslich sehr feinen oder vielmehr groben Sand mit sich führen, leitet nothwendig zu der Vermuthung, dass diese Eigenschaft des Festwerdens der Asphaltmörtel mit dem bekannten Verhalten der Luft-Kalkmörtel die gleiche letzte Ursache gemein haben dürfte. So wie nämlich im gewöhnlichen Luftmörtel seine zunehmende Festigkeit wesentlich nur auf der eigenen Cohäsion der reinen Kalkmasse selbst beruht, welche fortwährend mehr Kohlensäure aufnimmt und erhärtet, so beruht auch die Festigkeit eines Asphaltmörtels vor Allem oder ganz allein auf dem Zusammenhang der Erdharztheile unter einander selbst, während aller anwesende Sand, welcher Art er auch sei, eine fast oder gänzlich passive Rolle dabei spielt. Ist nun aber derselbe sehr fein, so unterbricht er den Zusammenhang eben jener Masse, deren innerer Zusammenhang die äusserliche Festigkeit bedingt, an zu vielen Punkten, und wird dadurch der Widerstandsfähigkeit des Gemenges höchst nachtheilig. Sehr grobe Sandkörner dagegen heben die innere Cohäsion der sie einhüllenden Cementmasse in weit geringerem Grade auf und werden dann sogar nützlich durch Vermehrung der Härte des ganzen Conglomerates. Beim Luftmörtel hat der grobe Sand die weitere Bedeutung, dass er das Eindringen der Kohlensäure zum Kalkhydrat erleichtert und beschleunigt; im Asphaltmörtel dient derselbe wesentlich nur zur vortheilhaften Vergrösserung des Massenvolumens. Obgleich diese eigenthümlichen Verhältnisse im Allgemeinen längst bekannt sein mögen, so wird es doch nicht ohne Nutzen sein, sie in Bezug auf die vorliegende Aufgabe ausdrücklich hervorgehoben zu haben, weil damit einer der Wege bezeichnet wird, welche einzuschlagen wären, um so grosse Massen natürlich vorkommender Asphaltsande mit Erfolg technisch ausbeuten zu können.

Es wurde oben schon bemerkt, dass die leichte Schmelzbarkeit einer festen bituminösen Masse weniger von der ganzen Menge des darin befindlichen Bitumens abhängt, als von dessen eigener Zusammensetzung, d. h. von dem Verhältniss des Erdöls zum Erdharz in seiner Mischung. Es wäre nicht ganz ohne practisches Interesse, diese Mischungsverhältnisse in speciellen Fällen genauer zu kennen, und gleichzeitig zu ermitteln, bei welcher Grenze von solchem Oel- und Harzgehalt eine reine sandfreie Asphaltmasse ihre grösste Festigkeit besitze, wobei natürlich auch Rücksicht auf Temperatur oder Jahreszeit zu nehmen wäre. Eine Untersuchung dieser Art ist jedoch nicht ohne einige Weitläufigkeit durchzuführen und kann daher hier höchstens angedeutet werden. Es wären nämlich die verschiedenen künstlichen oder natürlichen Asphalte einer Destillation über Wasser mittelst heisser Dämpfe

zu unterwerfen, um so die Trennung von Erdölen und Erdharzen in einer Weise zu bewirken, welche deren Zersetzung verhinderte.

Manche sehr bitumenarme Asphaltsteine, wie z. B. der feste bituminöse Sandstein (B) aus Galizien möchten sich theilweise kaum besser verwerthen lassen als durch trockene Destillation, sei es für sich allein oder mittelst überhitzter Wasserdämpfe, um auf diesem Wege wenigstens das in ihnen noch reichlich enthaltene Erdöl zu gewinnen, welches zur Beleuchtung oder zur Auflösung von Harzen etc. immer mehr nützliche Anwendung findet.

Für die allgemeinere Baupraxis aber wird, wie oben angeführt wurde, ein entsprechender Zusatz von flüssigem Bergtheer, oder wo es an solchem fehlt, von Steinkohlen, Torf- und Holztheer zu den natürlichen Asphaltmassen, unter Beimengung groben Sandes am einfachsten zum Ziele führen und geeignet sein, deren günstige Verwerthung im Grossen zu vermitteln.

Bei der grossen Verschiedenartigkeit des rohen Asphaltmaterials lassen sich genauere Vorschriften hiefür kaum angeben und es werden in jedem einzelnen Falle einige wenige Versuche, im obigen Sinne durchgeführt, die vortheilhaftesten Mischungsverhältnisse für specielle Zwecke und Anforderungen sehr bald erkennen lassen.

Wien, 31. August 1858.

R. Freiherr v. Reichenbach.

IV. Bericht des Oesterr. Ingenieur-Vereins an das k. k. galizische Finanz-Landes-Directions-Präsidium über die Anwendbarkeit der galizischen Asphaltarten zu bautechnischen Zwecken.

Die k. k. geologische Reichsanstalt hier hat mit Zuschrift vom 23. April 1858 die an dieselbe gerichtete Note des hohen k. k. Präsidiums vom 13. Juli 1857 Z. $\frac{940}{Pr}$ hieher mitgetheilt und den Wunsch beigefügt, dass das verlangte Gutachten des Oesterreichischen Ingenieur-Vereins über die Anwendbarkeit der verschiedenen galizischen Asphaltarten zu technischen Zwecken unmittelbar an das hochlöbliche Präsidium geleitet werden möge.

Mit Vergnügen ergriff der Oesterreichische Ingenieur-Verein diese Gelegenheit, die vielfältigen Erfahrungen seiner Mitglieder in Betreff dieser Frage zu sammeln, um dieselben dem hochlöblichen k. k. Präsidium zu Gebote zu stellen; und das hochgeehrte Vereinsmitglied Herr Reinhold Freiherr von Reichenbach übernahm es mit grösster Bereitwilligkeit, die chemische Untersuchung der mitgetheilten Asphaltproben, welche von Seite der k. k. geologischen Reichsanstalt nicht ausgeführt worden war, selbst zu unternehmen. Da jedoch die genannte Mittheilung der k. k. geologischen Reichsanstalt unmittelbar vor dem Schlusse der vorigen Saison hieher gelangte und im Sommer nur der geringste Theil der Vereinsmitglieder in Wien anwesend ist, musste der Schluss dieser Arbeiten auf die gegenwärtige Saison verschoben werden.

Um nun dem geehrten Wunsche zu entsprechen, beehrt man sich nachfolgend das Gutachten mitzutheilen, welches von dem, für diesen Zweck gebildeten Comité, bestehend aus den Herren Vereinsmitgliedern:

Ludwig Förster, k. k. Professor und Architect, Vorstand des Vereins als Vorsitzenden,
Reinhold Freiherr von Reichenbach,
M. Riener, k. k. Eisenbahn-Inspector,
G. B. Salzmann, Oberingenieur und Chef des Bauwesens der k. k. priv. Kärthner Bahn,
G. Wex, k. k. Ministerial-Inspector und
F. M. Friese, k. k. Ministerial-Concipisten als Vereinssecretär, verfasst worden ist.

Die Anwendbarkeit der galizischen und überhaupt aller Asphaltarten zu technischen Zwecken hängt im Allgemeinen:

1. von der natürlichen Beschaffenheit der Asphaltgattung und
2. von der Art ihrer Anwendung ab.

Betreffend die natürliche Beschaffenheit der mitgetheilten galizischen Asphaltproben lassen die Resultate der vom Freiherrn von Reichenbach ausgeführten chemischen Untersuchungen keinen Zweifel mehr übrig, dass diese Asphaltarten eben so gut wie andere (Französische, Schweizer, Dalmatiner und Tiroler Asphalte) zu technischen Zwecken anwendbar sein werden. Man hat die Ehre dem hohen k. k. Präsidium eine Abschrift des von Herrn R. Freiherrn von Reichenbach diessfalls erstatteten Berichtes in der Anlage mitzutheilen, und erlaubt sich noch insbesondere auf zwei Punkte desselben die Aufmerksamkeit zu lenken.

Der erste Punkt betrifft den aus diesen Untersuchungen hervorgehenden Umstand, dass die mitgetheilten natürlichen Asphaltproben aus Galizien sich vor allen andern durch die Beschaffenheit der beigemengten Gebirgsart unterscheiden, indem diese bei den Französischen, Tiroler, Dalmatiner und andern Asphalten in der Hauptsache aus Kalk (Kreide, Mergel, Dolomit), bei den galizischen Asphalten aber durchgehends aus Kieselsand besteht. Wenn nun auch die im Kleinen ausgeführten Versuche des Freiherrn von Reichenbach zeigen, dass es auch ohne Beimengung von Kalk möglich sei, festes Asphaltpflaster herzustellen, so erscheint es doch räthsam, den bei der Herstellung von Asphaltplastern und Asphaltdecken allgemein üblichen Zusatz von Kalkerde, Kreide, Kalksand oder Kalkpulver (dessen Menge von den speciellen Verhältnissen abhängt), den galizischen Sorten beizumengen.

Die Comitémitglieder, welche mit dem galizischen Asphalt und Bergtheer bereits in früheren Jahren Versuche gemacht haben, geben zugleich an, dass gebrannter, gemahlener oder an der Luft bis zu einem feinen Pulver zerfallener Kalk über den beim Kochen des Bergtheers aufsteigenden Dämpfen geröstet, und hierauf dem mit Bergtheer gemengten Asphalte in einem gleichen Gewichtstheile beigemengt werden müsse, um einen festen, gut bindenden Mineralkitt zu erhalten.

Die geringen Mengen der mitgetheilten Asphaltproben konnten für weitere und grössere Versuche in dieser Hinsicht nicht zureichen, diese könnten übrigens ohne Schwierigkeiten in Galizien selbst veranstaltet werden.

Der zweite Punct, welchen man der besondern Berücksichtigung zu empfehlen sich erlaubt, betrifft die Art der Gewinnung des reinen Asphaltes aus seinen natürlichen Gemengen mit Sand und andern Substanzen. Bei der Darstellung des reinen Asphaltes muss nämlich vor allem darauf gesehen werden, dass der im natürlichen Gemenge enthaltene Asphalt so vollständig und unverändert als möglich gewonnen werde. Zu diesem Zwecke erscheint das in Galizien zum Theile übliche Auskochen mit Pottasche wenig geeignet, indem bei diesem Verfahren nur ein geringer Theil des Asphaltes gewonnen wird, und dieser überdiess durch theilweises Entweichen der flüchtigen, wie auch durch chemische Veränderung der zurückbleibenden Bestandtheile eine Umgestaltung erleidet, welche ihn nach Umständen selbst gänzlich unbrauchbar zu technischen Zwecken machen kann.

Was die Art der Verwendung des Asphaltes belangt, ergeben sich schon aus dem Vorhergehenden manche Andeutungen wie hiebei vorzugehen sei, um die eigenthümlichen Eigenschaften des Asphaltes für technische Zwecke zu benützen.

Allgemeine für alle Verhältnisse gültige Vorschriften lassen sich aber nicht wohl geben, da die erfolgreiche Anwendung von Asphalt bei Baulichkeiten von sehr verschiedenen Umständen, als von der Beschaffenheit des natürlichen Materials, vom Clima des Ortes und ganz besonders von der zweckmässigen Anwendung und von der Aufmerksamkeit und Sorgfalt bei Herstellung der Arbeiten abhängig ist. Vorschriften, welche zum Beispiele für die Gegend von Wien bei Anwendung von französischem oder dalmatinischem Asphalt gelten, dürften im Clima von Lemberg leicht minder günstigen Erfolg zeigen. Hier kann allein die practische Erfahrung zur Richtschnur dienen; und wenn die Anwendung der galizischen Asphaltarten — wie das hochlöbl. k. k. Präsidium erwähnt — bald günstigen bald ungünstigen Erfolg hatte, ohne dass die Ursachen dieser Verschiedenheit bisher erkannt wurden, so wäre es voreilig, desshalb diese Asphalte minder brauchbar zu technischen Zwecken als andere zu erklären. Im Gegentheile bestehen — so viel dem Vereine bekannt ist — in Lemberg selbst thatsächliche Beweise für die vollkommen gute Anwendbarkeit der dortigen Asphalte zu Bauzwecken, indem die von dem Herrn Oberingenieur G. B. Salzmann schon vor sechzehn Jahren angelegte Terasse am Graf Skarbek'schen Thatergebäude noch immer fest und wohl erhalten ist, ohne dass in dieser langen Zeit eine Reparatur nothwendig geworden wäre.

Der Grund der widersprechenden Ergebnisse, welche die Verwendung des galizischen Asphaltes bei den Salinen etc. bisher geliefert hat, dürfte — abgesehen von dem vielleicht verschiedenen Verfahren bei der Darstellung und bei der Anwendung des Asphaltes — wahrscheinlich in der verschiedenartigen Beschaffenheit der dortigen Rohstoffe zu suchen sein; insbesondere dürfte der wechselnde Bitumengehalt der eigenen Asphaltarten kaum genugsam erkannt und berücksichtigt worden sein. Die nähere Untersuchung der zur Verwendung kommenden bituminösen Rohstoffe, namentlich des wirklichen Gehaltes an reinem Bitumen, erscheint daher als wesentliche Vorbedingung, um deren technische Verarbeitung im Grossen künftig mit mehr sicherem und gleichbleibendem Erfolge er-

warten zu lassen, und für dieselbe bestimmte Vorschriften aufstellen zu können.

Unter diesen Umständen ist es gegenwärtig auch nicht möglich, die von Seite des hochlöbl. Präsidiums mitgetheilten Fragen bestimmt und sicher zu beantworten. Im Allgemeinen kann hierüber mit Beziehung auf das Vorhergehende Folgendes bemerkt werden:

ad 1. Das mitgetheilte Muster *I* vom galizischen Goudron-Mineral hat ganz das Ansehen und die Beschaffenheit von gewöhnlichem Bergtheer, wie solcher überall zur Erzeugung von Deckasphalt etc. mit Vortheil benützt wird.

ad 2. Um diese Frage bestimmt zu entscheiden, müsste eine vergleichende Untersuchung der mitgetheilten Asphaltmuster *II* u. *III* und anderer bereits als vorzüglich erkannter Asphaltarten erstlich auf chemischem Wege, dann aber auch durch practische Anwendung unter gleichen Verhältnissen in grösserem Maassstabe durchgeführt werden.

ad 3. Eine geeignete Asphaltirung wird bei gewöhnlicher Temperatur wohl in den meisten Fällen gegen Feuchtigkeit und Nässe gute Dienste leisten, und auch kaltem Salzwasser wirksam widerstehen, wobei jedoch Festigkeit und Unveränderlichkeit des mit einem Asphaltüberzuge zu bedeckenden Körpers eine Hauptbedingung ist, daher Asphaltüberzüge auf hölzerne Fussböden und Rohrdecken nicht empfohlen werden können. Sehr zweifelhaft erscheint aber von vornherein ein günstiger Erfolg gegen warme Dämpfe aller Art, durch welche ein Erweichen oder Schmelzen des Bitumens veranlasst werden kann. In solchen Fällen wird ein Verputz auf Mauern mit gutem hydraulischem Mörtel oder mit Portland-Cement bessere Dienste als ein Asphaltüberzug leisten.

Es wird immer eine schwierige Aufgabe bleiben, im Asphaltpflaster die beiden Anforderungen von Härte in der warmen, und Elasticität in der kalten Jahreszeit gleichmässig zu vereinigen, indem diese Bedingungen einander gewissermassen widersprechen. Jedes Asphaltpflaster wird mit der Zeit durch Verdampfung des darin enthaltenen Erdöles an Härte und Sprödigkeit zunehmen. Bestimmte Vorschriften zur Darstellung eines für specielle Verhältnisse entsprechenden Asphaltpflasters können aber — wie schon oben bemerkt wurde — nur aus der practischen Erfahrung entnommen werden.

ad 5. An bedeckten Orten oder unter einer unmittelbaren Decke von Erde, Rasen etc. wird jede Asphaltirung dauerhafter sein, weil die Austrocknung und Zersetzung des Erdöls verzögert wird. Asphaltpflaster, welche nicht betreten werden dürfen, können auch mehr in elastischem Zustande angelegt werden, wodurch jedenfalls ihre Dauer und Wasserdichtigkeit erhöht wird.

ad 6. Eine Belegung hölzerner Wände mit Asphalt ist auf keinen Fall zu empfehlen, da der Asphaltüberzug daran nicht lange haftet oder rissig wird, und daher zur Wasserdichtigkeit hölzerner Gefässe Anfangs sehr wenig und später gar nichts beitragen kann. Am zweckmässigsten wird es daher jedenfalls bleiben, die Wasserdichtigkeit solcher Behälter durch sorgfältiges Zusammenfügen der Holzwände zu erzielen. Unter dieser Voraussetzung dürfte es einigen Vortheil gewähren, die Hölzer vorher mit flüssigem Asphalt zu tränken; doch kann

ohne vorhergehende practische Versuche auch hierüber kein bestimmtes Urtheil gefällt werden.

In wie fern endlich das in Galizien übliche Verfahren bei der Gewinnung und Verarbeitung des Asphaltes einer Verbesserung bedürftig sei, ist theilweise bereits angedeutet worden, kann aber im Allgemeinen erst dann sicher beurtheilt werden, wenn eine genaue Untersuchung der natürlichen Rohstoffe ihre chemische Zusammensetzung gezeigt haben wird.

Indem man sich beeht, dem hochlöbl. k. k. Präsidium die vorstehenden Bemerkungen zu Gebote zu stellen, kann man nicht umhin die Ueberzeugung wiederholt auszusprechen, dass der galizische Asphalt, wenn er in geeigneter Weise dargestellt und zweckmässig angewendet wird, ein für technische Zwecke eben so brauchbares Materiale bieten wird als andere Asphaltarten. Dass er jedoch Gegenstand eines bedeutenden Verkehrs zu werden verspreche, dürfte — wenigstens für die nächste Zukunft — noch zu bezweifeln sein. Ist auch das Vorkommen von Bergöl und Asphalt in ihren verschiedenen Varietäten über einen weiten Strich der Karpathen ausgedehnt, so scheint doch bisher noch nirgends eine so mächtige Lagerstätte aufgefunden worden zu sein, dass eine regelmässige Gewinnung darauf basirt werden könnte.

Die Gewinnung des Asphaltes etc. ist in Galizien auf den Kleinbetrieb an zahlreichen zerstreuten Punkten beschränkt, ein Verhältniss, welches in keinerlei Hinsicht, weder in der Production noch im Verkehre, grossartige Erfolge erwarten lässt. Berücksichtigt man weiter die Entfernung der Asphalt-Fundorte von Eisenbahnen und von Orten, wo ein namhafter Verbrauch von Asphalt möglich wäre, dann die verhältnissmässig geringe Consumption von natürlichem Asphalt gegenüber der fortwährend wachsenden Production und Consumption von künstlichem Bitumen und Steinkohlentheer u. dgl., so wird man kaum mehr an der Hoffnung festhalten können, im galizischen Asphalt sobald den Gegenstand eines namhaften Verkehrs zu erblicken. Auch die Dalmatiner und Tiroler Asphaltwerke leiden unter dem Drucke der nämlichen Verhältnisse. Die Production der ersteren ist gegenwärtig ungeachtet der reichen natürlichen Ablagerungen eher im Abnehmen als im Wachsen begriffen, und bei den in commercieller Hinsicht sehr günstig gelegenen Asphaltunternehmungen in Tirol (bei Seefeld) im Laufe der letzten Jahre eine bedeutende Betriebseinschränkung eingetreten, indem jene Sr. k. k. Hoheit des durchlauchtigsten Herrn Erzherzogs Maximilian von Este den grösseren Theil ihres Grubenbesitzes (über 100 Grubenmassen) heimgesagt hat, und eine andere benachbarte Unternehmung in Crida gerathen ist, ohne dass ein baldiges Wiederaufleben des Betriebes in Aussicht stände.

Wien, am 20. December 1858.

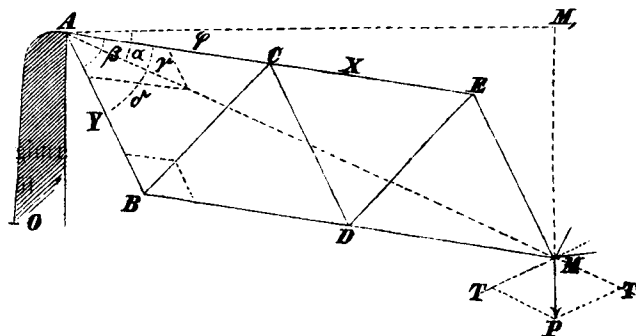
Zur Theorie der bogenförmigen Gitterbrücken.

Von Josef Langer, k. k. Ingenieur.

(Fortsetzung des im vorigen Hefte der Zeitschrift enthaltenen gleichnamigen Aufsatzes.)

§. 3. Ein Gitterhängewerk nach Fig. 7 trage im Scheitel *M* eine Last *P*. Diese wird in letzter Reihe durch die äusserste Strebe *AB* und das Zugband *AC* an die beiderseitigen Auflagen übertragen: Es fragt sich: welcher Theil davon gelangt durch die Strebe, welcher durch das Streckband auf die Stützpunkte.

Fig. 7.



Das Gewicht *P* zerlegt sich beiderseits in die Componenten *T* nach der Richtung der (punctirten) Steifigkeitsachsen *AM* und *MA*.

Der von diesen mit dem Horizonte gebildete Winkel sei α , der vom Streckbande *AC* mit dem Horizonte eingeschlossene Winkel heisse φ , der Winkel zwischen Strebe und Zugband sei β und es ergeben sich noch die Winkel $\gamma = \alpha - \varphi$, und $\delta = \beta - (\alpha - \varphi)$.

Bei dieser Stellung der Glieder des Systems ergibt sich für die Resultante *T* der Werth

$$T = \frac{P}{2 \sin \alpha}.$$

Diese zerfällt in eine Kraft *X* nach der Richtung der einen Stütze *AC* und in die Kraft *Y* nach der Richtung der andern Stütze *AB*, und wird

$$X = \frac{T \sin \delta}{\sin \beta} = \frac{P \sin \delta}{2 \sin \alpha \sin \beta}, \quad \dots \quad (10)$$

$$Y = \frac{T \sin \gamma}{\sin \beta} = \frac{P \sin \gamma}{2 \sin \alpha \sin \beta}, \quad \dots \quad (11)$$

womit die Inanspruchnahme des Streckbandes *AC* und der Zugstrebe *AB* bestimmt ist, und womit zugleich die Inanspruchnahme sämmtlicher Glieder und Stützen des Systems gefunden sind; denn unter der im Scheitel concentrirten Last *P* und für diese sind die Spannungen und Pressungen in allen Zug- und Druckstreben einander gleich, wie die Spannungen der beiden Streckbänder, des obern und des untern, einander gleich sind.

Die Kräfte *X* und *Y* übergeben an die Auflagen die lothrechten Lastwirkungen von beziehungsweise

$$V_1 = X \sin \varphi = \frac{P \sin \gamma \sin \varphi}{2 \sin \alpha \sin \beta},$$

$$V_2 = Y \sin (\beta + \varphi) = \frac{P \sin \gamma \sin (\beta + \varphi)}{2 \sin \alpha \sin \beta},$$

und es dient zum Beweise für die Richtigkeit der Rechnung, dass sich ihre Summe $V_1 + V_2 = \frac{P}{2}$ herausstellt.

Dieselben Kräfte X und Y übertragen an das Widerlager (an die Spannkette AO) die Horizontalzüge

$$H_1 = X \cos \varphi = \frac{P \sin \delta \cos \varphi}{2 \sin \alpha \sin \beta},$$

$$H_2 = Y \cos (\beta + \varphi) = \frac{P \sin \gamma \cos (\beta + \varphi)}{2 \sin \alpha \sin \beta},$$

deren Summe $H_1 + H_2 = \frac{PL}{4h}$ ist, die freie Länge L , die Scheiteltiefe h genannt.

Für den Winkel $\varphi = 0$ übergeht das vorgestellte Hängwerk in den balkenförmig geraden und einfachen Gitterträger, und verwandeln sich die Werthe X und Y in

$$X = \frac{P \sin (\beta - \alpha)}{2 \sin \alpha \sin \beta},$$

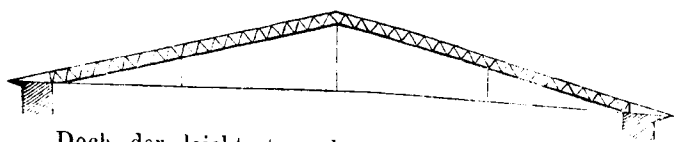
$$Y = \frac{P}{2 \sin \beta},$$

wie es diesem Systeme zukommt.

Für eine über die freie Systemlänge gleichförmig vertheilte Belastung P bleibt der in der Formel (11) für die Inanspruchnahme der Strebeglieder gefundene Werth in so fern in Giltigkeit, als die Streben zunächst der Auflagen dieselbe Maximalinanspruchnahme erleiden, während er bei der Strebe nach der Mitte hin abnimmt. Der in der Gleichung (10) liegende Ausdruck für die Spannung der Streckbänder mindert sich auf die Hälfte seines Werthes herab.

Ich habe den zweitheiligen Gitterbalken dieser Art, der im vorhergehenden Absatze meiner gegenwärtigen Untersuchungen (s. Z. d. Oe. I. V. d. J. Hft. 3—4) nur beiläufig betrachtet wurde, hier genauer behandelt und die dort aufgestellten Formeln präcisirt, weil sich mit Gitterträgern dieser Art eine nützliche Anwendung zu eisernen Dachstühlen in der Bau Praxis wird machen lassen. Das Sprengwerk von Fig. 8 mit seinem horizontalen Zugbände und den zugehörigen verticalen Tragstangen wird ein Dachstuhlgesperre liefern, das sich durch Materialersparnis und Leichtigkeit auszeichnen dürfte.

Fig. 8.

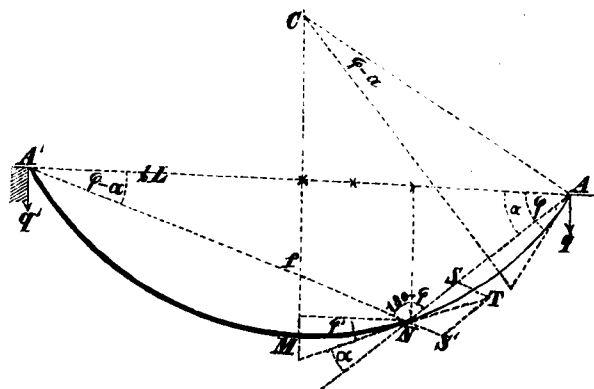


Doch der leichteste, eleganteste und gleichwohl tragfähigste Dachstuhl wird erst durch die Einführung der natürlichen Stützbogenform in den Gitterbalken erreicht sein. Ich übergehe nun zu den bogenförmigen Gitterbrücken meiner Construction in der Absicht, die Grösse des Biegemomentes zu berechnen, welches sowohl die Strebeglieder als auch die Längsbänder der gedachten Systeme unter dem Einflusse einseitiger oder theilweiser Belastung in eigenthümliche Thätigkeit versetzt.

§. 4. Ein steifer Kettenbogen Fig. 9 sei auf eine beliebige Länge x über seine halbe Spannweite hinaus gleichmässig belastet. Das auf die Längeneinheit der Sehne AA' entfallende Gewicht heisse g , die freie Länge L , die Pfeilhöhe f und der Abfallwinkel der Curve φ . Von dem gleichförmigen Eigengewicht des Kettenbogens werde abstrahirt.

Wäre der Kettenbogen auf seine ganze freie Länge gleichmässig belastet, so würde in den Stützpunkten wie in jedem Punkte der Horizontalzug

Fig. 9.



$$H = \frac{g L^2}{8f}$$

thätig sein und würde z. B. im Punkte N die auf diesem bezügliche Tangentialkraft

$$T = \frac{g L^2}{8f \cos \varphi'}$$

betragen, durch φ' den Tangentenwinkel zu diesem Punkte bezeichnet.

Den jetzt unbelasteten Bogentheil NA weggedacht, würde eine im Endpunkte N angewendete tangentielle Gegenkraft, gleich der obigen T , das Rumpfsystem im Gleichgewicht halten. In der Tangente NT kann diese Gegenkraft nicht angebracht werden, da es in dieser Richtung an einem Haltpunkte fehlt. Sie kann aber ersetzt werden durch zwei componirende Gegenkräfte von den Stützpunkten A und A' des Systems her: durch die Kraft S in der Richtung der Sehne NA , und durch die Kraft S' in der Richtung der Sehne NA' ; diess zwar nicht direct, jedoch vermittelt der entsprechenden Bogenstücke NA und NA' . Hiedurch werden die besagten Bogentheile auf Biegung in Anspruch genommen, was ihre relative Festigkeit erheischt. Es fragt sich, wie gross die Sehnkräfte S und S' sind, welche die bezüglichen Bogentheile zu biegen streben?

Aus dem betreffenden Kräftenparallelogramm erhält man die Proportion $S : S' : T = \sin (\varphi - \phi) : \sin \phi : \sin \varphi$, wobei der zugewachsene Winkel ϕ der in der Fig. bezeichnete ist. Hieraus ergibt sich:

$$\left. \begin{aligned} S &= T \frac{\sin (\varphi - \phi)}{\sin \varphi} = \frac{g L^2 \sin (\varphi - \phi)}{8f \sin \varphi \cos \varphi'} \\ S' &= T \frac{\sin \phi}{\sin \varphi} = \frac{g L^2 \sin \phi}{8f \sin \varphi \cos \varphi'} \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Für $x = 0$, d. i. für die Belastung der einen Bogenhälfte wird $\phi = \frac{1}{2} \varphi$, $\varphi' = 0$ also

$$\begin{aligned} S &= \frac{g L^2 \sin \frac{1}{2} \varphi}{8f \sin \varphi} = \frac{g L^2}{8f} \frac{\sin \frac{1}{2} \varphi}{2 \sin \frac{1}{2} \varphi \cos \frac{1}{2} \varphi} = \frac{g L^2}{16f \cos \frac{1}{2} \varphi} \\ \text{und } S' &= \frac{g L^2 \sin \frac{1}{2} \varphi}{8f \sin \varphi} = S \end{aligned} \quad (13)$$

Man erkennt, dass bei der Belastung einer Bogenhälfte beide Halbbögen, sowohl der belastete wie der unbelastete, gleichsehr auf Biegung in Anspruch genommen werden, der unbelastete in der Sehnrichtung AN gezogen, der belastete in der Sehnrichtung NA gedrückt.

Bei der Kleinheit des Abfallwinkels φ in Fällen practischer Ausführung bogenförmiger Gitterbrücken lässt sich ohne merklichen Fehler $\frac{\sin \frac{1}{2} \varphi}{\sin \varphi} = \frac{1}{2}$ setzen, und man bekommt

$$S = S' = \frac{gL}{8f} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{2} H, \quad (14)$$

wornach der Sehnenschub für die beiden Halbbögen gleich ist der Hälfte des bei der Belastung des ganzen Bogens resultirenden Horizontalzuges.

Man findet die Sehnenkraft S auch aus der Relation

$$S = \frac{q}{\sin \alpha};$$

denn die vorhandene Belastung ruht mit dem Theile

$$q = \frac{g}{8L} (L + 2x)^2$$

auf dem Stützpunkte A der minder belasteten Seite, vom Punkte N her in der Sehnrichtung AN hierher übertragen. Mit der Einsetzung dieses Werthes lautet die Relation:

$$S = \frac{g}{8L} \frac{(L + 2x)^2}{\sin \alpha} \quad (15)$$

Für $x = 0$ wird $\alpha = \frac{1}{2}\varphi$, womit die Relation übergeht in

$$S = \frac{1}{8} gL \frac{1}{\sin \frac{1}{2}\varphi} = S', \quad (16)$$

welche Gleichung mit der obigen Nr. 13 und 14 zusammenstimmt.

Für $x = \frac{1}{2}L$ wird $\alpha = \varphi$ und

$$S = \frac{1}{2} gL \frac{1}{\sin \varphi} = \frac{H}{\cos \varphi}.$$

Es lässt sich weiter erkennen, dass das Biegemoment am grössten wird bei der Belastung der einen Brückenhälfte.

Die Wirkung des Sehnenzuges S auf die steifen Bogen ist dieselbe, als ob eine über den betreffenden Bogen gleichvertheilte Kraft

$$P = 2S(\varphi - \alpha) \quad (17)$$

senkrecht auf die Sehnrichtung einwirkte.

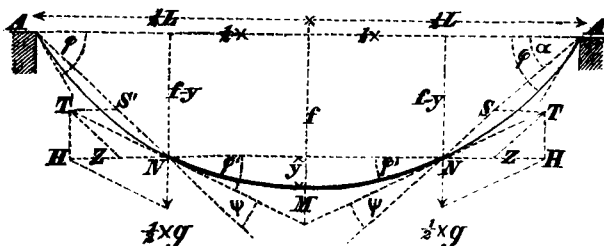
Für $x = 0$, d. i. für die Belastung einer Hälfte des Systems ist der Winkel $\alpha = \frac{1}{2}\varphi$, und übergeht das erwähnte Aequivalent in

$$P = \frac{1}{4} gL = S\varphi = \frac{1}{2} H\varphi, \quad (18)$$

wobei ohne Nachtheil für die practische Anwendung bei der Kleinheit des Winkels $\sin \frac{1}{2}\varphi = \frac{1}{2}\varphi$ gesetzt ist.

§. 5. Ein steifer Kettenbogen, Fig. 10, möge von der Scheitelmittle aus symmetrisch nach beiden Seiten auf die Entfernung $\frac{1}{2}x$ gleichmässig belastet sein. Das auf die Längeneinheit seiner Spannweite entfallende Gewicht sei wieder g , die Spannweite L , die Pfeilhöhe f , der Abfallwinkel an den Aufhängepunkten φ , der Tangentenwinkel im Endpunkte der Belastung φ' genannt.

Fig. 10.



Die unbelasteten Bogentheile weggedacht hielte die in den Punkten N angebrachte Tangentialkraft

$$T = \frac{gx}{2 \sin \varphi'}$$

das Rumpfsystem der vorhandenen Last im Gleichgewichte. Da für diese Gegenkraft in dieser Richtung der Haltpunct im System fehlt, so wird sie ersetzt durch die von dem Stützpunkte A aus in der Sehnrichtung AN wirkende Gegenkraft S und von der nach der Sehne NN thätigen Gegenkraft Z . Diese beiden Componenten wirken in den angedeuteten Richtungen vermittelt der steifen Bogensegmente AN und NN . Sie berechnen sich aus der Proportion:

$$T : S : Z = \sin(\varphi' + \phi) : \sin \varphi' : \sin \phi$$

mit

$$\left. \begin{aligned} S &= T \frac{\sin \varphi'}{\sin(\varphi' + \phi)} = \frac{gx}{2 \sin(\varphi' + \phi)} = \frac{gx}{2 \sin \alpha} \\ Z &= T \frac{\sin \phi}{\sin(\varphi' + \phi)} = \frac{gx \sin \phi}{2 \sin \varphi' \sin(\varphi' + \phi)} = \frac{gx \sin(\alpha - \varphi')}{2 \sin \varphi' \sin \alpha} \end{aligned} \right\} (19)$$

wobei $\varphi' + \phi = \alpha$ gesetzt ist und die Winkel α und φ' durch

$$\tan \alpha = \frac{2(f - y)}{L - x} = \frac{2f(L + x)}{L^2}$$

$$\tan \varphi' = \frac{4y}{x} = \frac{4fx}{L^2} \text{ und } y = \frac{fx^2}{L^2}$$

als Functionen von x gegeben sind. Für $x = 0$ wird natürlich $S = 0$ und $Z = 0$. Für $x = L$ und $\alpha = \varphi = \varphi'$, für die Belastung der ganzen Bogenspannweite wird richtig

$$S = \frac{gL}{2 \sin \varphi} \text{ und } Z = 0.$$

Für $x = \frac{1}{2}L$, d. i. für die von der Mitte aus symmetrisch belastete halbe Spannweite kann man $\varphi' = \frac{1}{2}\varphi$ und $\phi = \frac{1}{2}\varphi' = \frac{1}{4}\varphi$ schreiben, womit $\alpha = \varphi' + \phi = \frac{3}{4}\varphi$ beträgt und also:

$$S = \frac{gL}{2 \sin \frac{3}{4}\varphi},$$

$$Z = \frac{gL \sin \frac{1}{4}\varphi}{2 \sin \frac{3}{4}\varphi \sin \frac{1}{4}\varphi}.$$

Für $x = \frac{1}{2}L$, d. i. für die symmetrische Belastung aus der Mitte bis auf den 3. Theil der Bogenweite ist $\varphi' = \frac{1}{2}\varphi$ und $\phi = \frac{1}{2}\varphi' = \frac{1}{4}\varphi$, womit $\alpha = \varphi' + \phi = \frac{3}{4}\varphi$, $\alpha - \varphi' = \frac{1}{4}\varphi$, also:

$$S = \frac{gL}{6 \sin \frac{3}{4}\varphi} \text{ und } Z = \frac{gL \sin \frac{1}{4}\varphi}{6 \sin \frac{3}{4}\varphi \sin \frac{1}{4}\varphi} = S \quad (20).$$

Denn setzt man $S = Z$, so erscheint $\varphi' = \frac{1}{2}\alpha$ als Bedingung der Gleichheit der Sehnkräfte, und erfüllt sich diese Bedingung unter $x = \frac{1}{2}L$, d. i. unter der symmetrischen Belastung aus der Mitte bis auf den dritten Theil der Spannweite.

Dieser Belastungsfall theilt den Kettenbogen in drei nahezu gleiche Theile, wovon der mittlere belastete in der Richtung seiner Sehne mit derselben Kraft gedrückt wird, womit die beiden unbelasteten in der Richtung ihrer Sehngezogen werden. Bei dieser Belastung wird das System am meisten auf Biegung in Anspruch genommen.

Das im vorigen § unter Gleichung 18 für die Belastung einer Bogenhälfte vom Stützpunkt bis zum Scheitel aufgestellte Aequivalent P der Sehnkraft berechnet sich auf $P = \frac{1}{4} gL$. Das hier bei der Belastung aus der Mitte bis auf $\frac{1}{3}$ der Länge obwaltende Aequivalent der Biegekraft P' stellt sich auf $P' = \frac{1}{3} gL$, nämlich auf das Drittel des Werthes von P . Denn es beträgt der Sehnzug

$$\text{dort (16)} \quad S = \frac{gL}{8 \sin \frac{1}{2}\varphi},$$

hier (20) $S' = \frac{gL}{6 \sin \frac{1}{2} \varphi}$,

und bei der zulässigen Gleichsetzung von $\sin \varphi = \varphi$ und $\sin \frac{1}{2} \varphi = \frac{1}{2} \varphi$, noch einfacher

dort $S = \frac{gL}{4 \varphi}$

hier $S' = \frac{gL}{4 \varphi}$

und wie dort (18) gefunden wurde:

$$P = \varphi S = \frac{1}{2} gL,$$

so findet sich hier

$$P' = \frac{1}{2} \varphi S' = \frac{1}{2} gL \quad (21).$$

Die ungünstigste Belastung in Bezug auf Biegung und relative Inanspruchnahme eines steifen Kettenbogens oder bogenförmigen Balkens tritt also unter allen Umständen ein, wenn die halbe Länge desselben vom Stützpunkte bis zur Scheitelmittle eingenommen ist. Für diesen ungünstigsten Fall ist die Grösse des Biegemomentes und der entsprechende widerstandsfähige Balkenquerschnitt (sowohl in Bezug auf die Längsbänder wie auf die Strebeglieder beim versteiften Gitterbalken) zu berechnen und zu bemessen.

W. Barlow's Untersuchungen über die relative Festigkeit des Guss- und Schmiedeeisens *).

(Mit Zeichnungen auf Blatt C im Texte.)

Es ist schon oft darauf aufmerksam gemacht worden, dass die Versuche über die relative Festigkeit auf andere Festigkeitsmodellen führen, als die Versuche über die absolute Festigkeit, und diese Erscheinung kann auf zweierlei Weise erklärt werden, nämlich entweder durch die Annahme, dass die neutrale Axe nicht durch den Schwerpunkt gehe, oder durch die Annahme anderer, noch nicht berücksichtigter Kräfte, welche bei der Biegung mit ins Spiel treten könnten.

W. Barlow hat nun zunächst durch directe Beobachtungen die Lage der neutralen Axe zu bestimmen gesucht, indem er an einem rechteckigen gusseisernen Balken, welcher an den Enden frei auflag und im Mittel belastet wurde, mit einem feinen Maassstabe mit Mikrometerschraube nachmaass, um wie viel sich die Fasern zu beiden Seiten einer durch den Schwerpunkt gelegten Ebene ausdehnten oder verkürzten. Diese Messungen bewiesen aber zur Evidenz, dass die neutrale Axe durch den Schwerpunkt des rechteckigen Querschnittes ging, indem die in gleichem Abstände von demselben gelegenen Fasern gleiche und entgegengesetzte Längenveränderungen erfuhren, während die mittelste Faser unverändert blieb.

Wenn nun hierdurch die theoretischen Voraussetzungen ihre Bestätigung erhalten, so muss man auch erwarten, dass die Formel zur Bestimmung des Bruchgewichtes:

$$W = f \cdot \frac{2ad}{3l}, \text{ worin}$$

a den Querschnitt des Balkens,

d die Höhe desselben,

l die Länge desselben,

f den Festigkeitsmodulus für Zug.

bedeutet, eine befriedigende Uebereinstimmung gewähren werde, und doch lehrt die Erfahrung, dass dieselbe noch nicht die Hälfte von demjenigen Widerstande ausdrückt, welchen ein auf relative Festigkeit in Anspruch genommener Balken zu leisten vermag.

Barlow fasste daher die Vermuthung, dass die Cohäsion der Fasern unter einander einen grossen Einfluss auf die Widerstandsfähigkeit ausüben möchte, eben so wie ein seiner Längenrichtung nach gezogener Stab eine geringere Ausdehnung erfahren werde, wenn er, wie bei Figur 1 mit einem Stück *acef* zusammen gewachsen sei, als wenn er bloss die Stärke *fbcd* besitze. Die bei den voraus geschickten Beobachtungen über die Lage der neutralen Axe gemachten Längenmessungen bestätigten auch direct diese Vermuthung, indem hiernach die bei der Biegung einem Zuge von 10608 Pfund ausgesetzte Faser eines 88 Zoll langen, 6 Zoll hohen und 2 Zoll breiten gusseisernen Balkens nur um $\frac{1}{1792,4}$ ihrer Länge ausgedehnt wurde, während nach den Versuchen von Hodgkinson eine directe Belastung mit 10000 Pfund eine Verlängerung von $\frac{1}{1050}$ erzeugen würde. Eben so ergab sich durch die Beobachtung an einem zweiten Balken, dass die einem Zuge von 14666 Pfunden pro Quadratzoll ausgesetzten Fasern nur eine Verlängerung um $\frac{1}{1207}$ erfuhren, während sie nach Hodgkinson um $\frac{1}{645}$ ihrer ursprünglichen Länge ausgedehnt worden sein sollten.

Hiernach schien es nothwendig, die Cohäsion als ein neues Element mit in Rücksicht zu ziehen, und um ihren Einfluss experimentell zu ergründen, liess Barlow ausgenommene Balken von der Form der Figuren 2 bis 4 giesen, bei welchen die volle obere und untere Rippe gleiche Querschnitte hatte, auch eine gleiche Zahl von verticalen Rippen aber von verschiedenen Höhen vorhanden war. Die neutrale Axe musste bei denselben ebenfalls in derselben Höhe liegen, und da die dem Zug ausgesetzten Rippen gleiche Querschnitte besaßen, so waren bezüglich des Bruches identische Verhältnisse vorhanden, wogegen der Biegungswiderstand natürlich verschieden ausfallen musste.

Nennt man

a den totalen Querschnitt der oberen und unteren Rippe,

a' den Querschnitt des Zwischenraumes,

d die ganze Höhe,

c die Höhe des Zwischenraumes,

l die Länge des Balkens,

W das Bruchgewicht und

F diejenige Kraft, welche den Bruch der äussersten Fasern bewirken würde,

so hat man dann:

*) Aus dem „Civilingenieur“, Zeitschr. f. d. Ingenieurwesen. V. Bd. 1. u. 2. Heft. Jahr 1859.

$$W = F \frac{2d(a+a')}{3l} - \frac{2a'c}{3l} \cdot \frac{c}{d} F$$

$$= \frac{2F}{3l} \left[(a+a')d - \frac{a'c^2}{d} \right] = \frac{2Fa}{3l} \left(d + c + \frac{c^2}{d} \right).$$

Hiernach lässt sich stets der Coefficient F bestimmen, und wenn derselbe grösser als die Zugfestigkeit ist, so wird man hieraus folgern müssen, dass noch andere Kräfte mit thätig sind.

Die Versuche mit den Stäben 2, 3 und 4 gaben nun Folgendes:

Nr. der Stäbe	Höhe derselben in Zollen	Querschnitt der beiden Rippen a in □ Zollen	Abstand der Rippen c in Zollen	Biegung bei $\frac{1}{10}$ des Bruchgew. in Zollen	Bruchbelastg. W in Pfunden	Beobachteter Widerstand F in Pfunden
1	2,51	1,98	0,54	0,510	2468	35386
2	3,00	2,20	1,00	0,401	3119	31977
4	4,00	1,98	2,03	0,301	4339	28032

Die letzte Columnne der vorstehenden Tabelle enthält die nach der Formel

$$F = \frac{3lW}{2a \left(d + c + \frac{c^2}{d} \right)}$$

berechneten Werthe des Coefficienten, welche bedeutend höher sind, als der durch directe Belastungsversuche gefundene Festigkeitsmodulus, nämlich 18750 Pfund pro Quadratzoll.

Bemerkenswerth ist noch die Zunahme dieses Coefficienten mit der Durchbiegung, welche fernerweit durch vier mit massiven Stäben von Gusseisen angestellte Versuche bestätigt wird, bei denen sich für eine Durchbiegung von 0,670 Zoll bei $\frac{1}{10}$ der Bruchbelastung die Grösse des Coefficienten zu 41709 Pfunden berechnet.

Eine zweite Versuchsreihe wurde nun angestellt, um zu sehen, wie sich diese Widerstände bei gleichen Höhen und Einbiegungen verhielten. Hierzu wurden Stäbe von der Figur 5, 6 und 7 gegossen, wo die Höhe 4 Zoll und die Metallstärke der Rippen resp. $1\frac{1}{4}$ und $\frac{3}{4}$ Zoll betrug. Nachstehendes Täfelchen gibt die Mittel der Beobachtungsdata und die berechneten Werthe des Coefficienten F .

Nr. der Stäbe	Höhe d in Zollen	Totale Metalldicke der Rippe in Zollen	Querschnitt in □ Zollen	Durchbiegung in Zollen	Bruchgewicht W in Pfunden	Coefficient F in Pfunden
5	4,04	3,01	2,320	0,322	5141	37408
6	4,05	1,48	2,230	0,310	5147	25271
7	4,07	1,56	2,380	0,262	6000	27908

Hieraus geht hervor, dass der Coefficient F abhängig ist von der Metalldicke, was noch deutlicher wird, wenn man auch den Versuch mit Stab Nr. 4 vergleicht, wo bei 0,301 Zoll Einbiegung und 1,97 Zoll Metallstärke der Coefficient $F = 28032$ gefunden wurde.

Barlow zieht demnach die Folgerung:

1) dass in jedem Falle der Widerstand grösser ist als beim Zuge;

2) dass derselbe bei Stäben von gleicher Metalldicke und Länge mit der Biegung wächst;

3) dass bei gleicher Biegung und Länge der Widerstand mit der Metalldicke zunimmt.

Es war nun zu untersuchen, nach welchem Gesetze diese Vermehrung der Zugfestigkeit erfolge. Barlow bemerkt, dass nach Abzug der absoluten Festigkeit vom Coefficienten F eine Grösse übrig bleibt, welche annähernd dem Producte aus der Metalldicke und Einbiegung proportional ist, also von dem Grade der Biegung abhängig ist. Stellt nun:

φ den Widerstand eines massiven Stabes gegen Biegung vor im Moment des Bruches,

D die Metallstärke,

δ die Einbiegung,

f die absolute Festigkeit,

F den totalen Widerstand,

F' , D' , δ' dieselben Grössen für einen anderen Balken, so hat man dann

$$F = f + \varphi \text{ und}$$

$$F' = f + \varphi \frac{D' \delta'}{D \delta}.$$

Man kann den Werth φ entweder unter der Annahme, dass f constant sei, oder unter Voraussetzung eines constanten Verhältnisses zwischen f und φ aus den Versuchen ableiten, und letzterer Weg erscheint natürlicher, weil sich dabei die Fehler auf die beiden Grössen f und φ vertheilen und nicht bloss in φ concentriren. Setzt man daher

$$\frac{f}{\varphi} = m, \text{ so erhält man}$$

$$F' = m \varphi + \varphi \frac{D' \delta'}{D \delta}, \text{ oder } \varphi = \frac{F'}{m + \frac{D' \delta'}{D \delta}}.$$

Nun kann man die Einbiegung im Moment des Bruches nicht messen, Barlow macht also die Annahme, dass diese Einbiegung in einem constanten Verhältniss zu der bei $\frac{1}{10}$ der Bruchbelastung stattfindenden Einbiegung stehe. Beim massiven Balken wurde ferner gefunden: $F' = 41709$ Pfund pro Quadratzoll, und nach den Versuchen über die absolute Festigkeit $f = 18750$; es ergibt sich also

$$\varphi = 22959 \text{ Pfund und } \frac{f}{\varphi} = 0,81.$$

Hiermit werden die Versuche von Hodgkinson mit 10 verschiedenen Eisensorten verglichen, wobei sich das Verhältniss $\frac{f}{\varphi} = 0,78$ ergibt. Das Mittel ist ungefähr $m = 0,8$ und

wenn man dieses in die Formel $\varphi = \frac{F}{m + \frac{D' \delta'}{D \delta}}$ und $f = m \varphi$

einsetzt und die Versuche mit den Stäben Nr. 1 bis 7 nochmals berechnet, so findet man bei Versuch

Nr. 1 2 3 4 5 6 7

$\varphi = 23171 \ 22904 \ 22890 \ 22606 \ 24636 \ 22167 \ 25302$

$f = 18537 \ 18323 \ 18312 \ 18085 \ 19501 \ 17734 \ 20242$

also allerdings keine ganz vollkommene, aber doch eine solche Uebereinstimmung, dass man die obige Hypothese als zulässig erachten kann.

Nun bezeichnet der Quotient $\frac{D' \delta'}{D \delta}$ das Verhältniss der

Producte aus den Metallstärken in die Einbiegungen, und Letztere stehen natürlich ungefähr im umgekehrten Verhältniss der ganzen Höhe der Balken; man kann also annehmen, dass die Einbiegungen sich wie die Quotienten aus den Metallstärken durch die Höhen verhalten werden und für die Biegefestigkeit die Formel

$$W = \frac{2a}{3l} \left(d + c + \frac{c^3}{d} \right) \left(f + \frac{\varphi D}{d} \right)$$

aufstellen, in welcher nach dem Obigen $f = 18750$ und $\varphi = 23000$ Pfund pro Quadratzoll eingesetzt werden kann. Berechnet man hiernach für die vorstehenden 7 Versuche die Bruchgewichte, so erhält man:

bei Nr.	1	2	3	4	5	6	7
	1890	2567	3287	4659	4935	5533	5919
wogegen wirklich beobachtet worden ist:							
	1888	2468	3084	4353	5141	5147	6000.

Auch diese Resultate stimmen so gut, dass die aufgestellte Formel sich zu näherer Beachtung empfiehlt.

(Schluss folgt.)

Literatur-Bericht.

Die ausschl. priv. bogenförmigen Gitterbrücken mit Trägern von gleichem Widerstand, vom k. k. österr. Ing. Jos. Langer. 4. VIII. Mit 8 lithogr. Zeichnungsblättern und 32 in den Text eingedruckten Holzschnitten. Wien, 1859.

Ueber den Inhalt und Werth dieser Schrift äussert sich die Wochenschrift der „Neuesten Erfindungen“ von Dr. Ferdinand Stamm in Nr. 11, wie folgt:

Wir haben schon in diesen Blättern des Principes der Langer'schen Brücken erwähnt, dass eine solche Versteifung der Ketten durchführen lässt, dass die Schwankung aufgehoben wird und sie auch für die Benützung der Dampfmaschinen und Dampftrains geeignet erscheinen. Nun hat der Erfinder in einer eigenen Broschüre dieses wichtige Princip vollständig ausgeführt und die Vortheile der Anwendung nachgewiesen. Die Resultate verdienen die Aufmerksamkeit der Bautechnik im höchsten Maasse.

Einmal ist es die dadurch ungemein vergrösserte Spannweite, welche diese steifen Brücken mit der schwankenden Kettenbrücke gemein haben und diese Brücken in so vielen Fällen, wo grosse Spannweiten nothwendig oder vortheilhaft erscheinen, dringend empfehlen; dann aber in noch höherm Grade die Wohlfeilheit dieser Brücken im Vergleiche mit andern Brückensystemen durch Eisenersparung.

Stellt man noch hierzu den Umstand in Berechnung, dass das österreichische Holzkohlen-Eisen durch seine Zähigkeit und sein Tragvermögen das englische, belgische und französische Cokeseisen so vortheilhaft übertrifft, so erscheinen die Langer'schen bogenförmigen Gitterbrücken besonders für Oesterreich geeignet und berufen, das österreichische Eisen als Baustoff in verdientes Ansehen zu bringen.

Aufforderung an meine Fachgenossen.

Aus Anlass der Kritik, welche Herr Bukowsky im Namen einiger Ingenieure der Staatseisenbahn-Gesellschaft über meine bogenförmigen Gitterbrücken geschrieben hat (s. im vorigen Hefte Nr. 5—6 d. Zeitsch.), lade ich alle Fachgenossen freundlichst ein, für meine Eisenconstructionen sich zu interessiren und an der Beurtheilung der diesfalls von mir herausgegebenen Broschüre „über die bogenförmigen Gitterbrücken“ sich zu betheiligen, um das Wahre constatiren und das Gute fördern zu helfen.

Ich hatte bei der ersten Gelegenheit einer Anfrage bezüglich meiner Systeme auf die besagte Broschüre und auf jene Aufsätze hingewiesen, welche in der Ing.-Vereins Zeitsch. über den Gegenstand erschienen sind und noch erscheinen werden; ich hatte, was die Broschüre betrifft, ausdrücklich erklärt, dass ich die darin gegebene Theorie zwar in allen ihren Hauptmomenten für Wahrheit halte, aber weit entfernt sei, das Vorgetragene für erschöpfend anzusehen. Ich wiederhole diese Erklärungen mit dem Beifügen, dass die in der Ing.-Vereins-Zeitsch. unter dem Titel „zur Theorie der bogenförmigen Gitterbrücken“ seitdem erschienenen und noch zu erscheinenden Artikel jedenfalls als Ergänzungen betrachtet werden wollen; ich wiederhole es mit dem freundlichen Einladen, besonders diese letzteren, mehr und mehr ins Detail gehenden Mittheilungen einer Betrachtung zu würdigen, womit gar manche Einwürfe des Herrn Bukowsky von selbst entfallen werden.

Herr Bukowsky hat eine weitere Ausführung der Umrisse meiner Theorie nicht abgewartet und über meine Systeme bogenförmiger Gitterbrücken schnell abgeurtheilt. Er verwirft in seiner Kritik, welche bei den elementaren Betrachtungen und bei der Convertirung meiner Ansichten, die sie enthält, von einer wissenschaftlichen Beleuchtung der Sache weit abweicht, mein vereinigtes Häng- und Sprengwerk gänzlich. Damit verläugnet er auch das einfache Häng- und das einfache Sprengwerk, aus welchen beiden das combinirte System besteht; damit läugnet er auch das Kettenhängewerk des k. k. Oberinspectors Herrn F. Schnirch, das auf demselben Princip beruht; damit läugnet er auch die vom Ingenieur v. Schaschek skizzirte Idee einer steifen Kettenbrücke, der das gleiche Princip zu Grunde liegt; er läugnet das Princip selbst, dessen Grundidee er nicht erfasst hat.

Indess bin ich mir bewusst, dass ich den theoretischen Beweis für die practische Anwendbarkeit, Tragfähigkeit und Vorzüglichkeit der auf das besagte Princip (der Versteifung der Stütz- und Kettenlinie durch Gitterwerk mit dem mindesten Materialaufwande) basirten Trägersysteme herstellen werde und fühle ich mich in Ansehung dessen sicher genug, um zu behaupten, die bogenförmigen Gitterbrücken meiner Construction lassen sich in allen ihren Theilen, Stützen und Gliedern bezüglich der Tragfähigkeit und des Materialbedarfes — für die grössten und kleinsten Spannweiten, für Brücken und Dachstühle — ganz genau berechnen und vollkommen entsprechend construiren; u. z. mit dem Ergebniss bedeutender Material- und Kostenersparnisse im Vergleich zu ältern Systemen.

Mittlerweile wird auch der k. k. Oberinspector Herr F. Schnirch den factischen Beweis der Tragfähigkeit eines ähnlichen Systems mit der Bauvollendung einer versteiften nach demselben Princip construirten Kettenbrücke herstellen und ich werde nicht der letzte sein, der seinerzeit auf den erwünschten Erfolg dieser Ausführung hinweisen wird.

Mit dem theoretischen Beweise auf der Hand, und mit dem factischen vor Augen, dürfte alsdann die Bahn für die Praxis der neuen Bauarten geebnet sein. Alsdann möchte ich es mir aber zum Verdienst anrechnen, die Grundidee dieses Principes, wie sie in der Erstlingsskizze des Ing. v. Schaschek vorlag (die mir übrigens, nebenbei gesagt, gänzlich entgangen war, so dass sie in Gestalt meiner drei Systeme aus mir selbst producirt erscheint) in feste Systeme gebracht zu haben, wodurch das Princip augenfällig wurde und dem verdienten Ansehen entgegengeht. Alsdann werde ich auch überzeugt sein, dem Schlendrian im Eisenbrückenbauwesen durch meine Projectmacherei, — wie Herr Bukowsky sich ausdrückt, — mehr geschadet als genützt zu haben.

Jos. Langer,
k. k. Ing.

W. Barlow's Untersuchungen über die relative Festigkeit des Guss- und Schmiedeeisens*).

(Mit Zeichnungen auf Blatt C im Texte.)

(Schluss.)

Zu diesen bereits im Januarhefte des *Civil-Engineer and Architect's Journal* von 1856 veröffentlichten Versuchen ist in neuerer Zeit ein weiterer Nachtrag erschienen, welcher sich auf gusseiserne Balken von der verschiedensten Form bezieht und daher ebenfalls hier im Auszuge Platz finden möge.

Um die neue Theorie auf Körper von beliebigem Querschnitt anzuwenden, bezeichne wie oben

f den Widerstand der äussersten Faser gegen die Dehnung,
 φ den Widerstand derselben Faser in Folge der Biegung,
 d den Abstand dieser Faser von der neutralen Axe, ferner
 x den Abstand eines beliebigen Elementes des Querschnittes von dieser Axe,

y die zugehörige Ordinate,

alsdann ist der Widerstand einer Faser im Abstände x gegeben durch

$$\frac{fx}{d} + \varphi,$$

und das Moment dieses Widerstandes durch

$$\left(\frac{fx}{d} + \varphi\right) x$$

also auch die Summe der Momente der oberhalb und unterhalb der neutralen Axe gelegenen Fasern durch

$$2 \iint \left(\frac{fx}{p} + \varphi\right) x dx dy = \frac{lW}{4}.$$

Man erhält hieraus für den quadratischen oder rechteckigen Balken von der Breite b :

$$2 \left(\frac{f}{3} + \frac{\varphi}{2}\right) bd^2 = \frac{Wl}{4},$$

für den quadratischen, diagonal gestellten Balken (Fig. 12)

$$\left(\frac{f}{3} + \frac{\varphi}{2}\right) d^3 = \frac{Wl}{4},$$

für den runden Balken:

$$\left(\frac{\pi f}{4} + \frac{\varphi}{3}\right) d^3 = \frac{Wl}{4}.$$

Für hohle Balken (Fig. 4 bis 9) findet sich, wenn d' die Höhe des massiven oberen Theiles, D die halbe Höhe bedeutet, der von der Biegung abhängige Theil des Widerstandes pro Flächeneinheit $\varphi \frac{d'}{D}$, also der Widerstand der

ganzen Rippe $\frac{d'^2}{D} b \varphi$, und dieser wirkt im Abstände**)

$D = \frac{d'}{2}$, so dass man erhält:

$$2b \left[\frac{(D^3 - d'^3)f}{3D} + \frac{d'^2}{D} \left(D - \frac{d'}{2}\right) \varphi \right] = \frac{Wl}{4}.$$

Bei dem I-förmigen Querschnitt (Fig. 13) hat man für die mittlere Rippe:

$$2 \left(\frac{f}{3} + \frac{\varphi}{2}\right) b D^2,$$

für die Seitentheile der horizontalen Rippen:

$$2b' \left[\frac{(D^3 - d'^3)f}{3D} + \frac{d'^2}{D} \left(D - \frac{d'}{2}\right) \varphi \right],$$

also für den ganzen Querschnitt:

$$2 \left(\frac{f}{3} + \frac{\varphi}{2}\right) b D^2 + 2b' \left[\frac{(D^3 - d'^3)f}{3D} + \frac{d'^2}{D} \left(D - \frac{d'}{2}\right) \varphi \right] = \frac{Wl}{4}.$$

Endlich hat man bei einem H-förmigen Querschnitt (Fig. 14) für die verticalen Rippen:

$$2 \left(\frac{f}{3} + \frac{\varphi}{2}\right) b d^2,$$

für die horizontale Rippe:

$$2 \left(\frac{f}{3} + \frac{\varphi}{2}\right) \frac{b' d'^3}{d},$$

und für den ganzen Querschnitt:

$$2 \left(\frac{f}{3} + \frac{\varphi}{2}\right) \left(b d^2 + \frac{b' d'^3}{d}\right) = \frac{Wl}{4}.$$

Barlow hat nun verschiedene Balken mit diesen Querschnitten anfertigen lassen und bis zum Bruch belastet, wobei sich im Mittel die aus nachstehender Tabelle zu entnehmenden Bruchgewichte ergaben. Die letzte Columnne enthält die nach der gewöhnlichen Theorie berechneten Spannungen in der äussersten Faser.

Massive und ausgenommene Stäbe von 60 Zoll Länge.

Versuchs- Nummer	Beschreibung der Stäbe	Höhe Zoll	Metallstärke Zoll	Abstand der Rippen Zoll	Breite Zoll	Querschnitt Quadratzoll	Bruchgewicht Pfund	Spannung der äusserst. Faser Pfund
1	Rectanguläre Fig. 3 . . .	2,012	2,012	—	0,994	2,025	1888	41709
2	Desgl. Fig. 4	2,51	1,97	0,54	1,005	1,98	2468	35386
3	Desgl. Fig. 5	3,01	2,01	1,00	0,995	2,00	3084	31977
4	Desgl. Fig. 6	4,00	1,97	2,03	1,005	1,98	4358	28032
5	Desgl. Fig. 7	4,04	3,01	1,04	0,771	2,322	5141	37408
6	Desgl. Fig. 8	4,04	1,48	2,56	1,507	2,23	5147	25271
7	Desgl. Fig. 9	4,07	1,56	2,51	1,525	2,38	6000	27908
8	Quadratisch Fig. 10 . . .	1,010	1,010	—	1,020	1,032	527	45630
9	Cylindrisch Fig. 11 . . .	1,122	—	—	—	0,989	474	51396
10	Quadratisch Fig. 12 . . .	1,443	—	—	1,020	1,041	449	53966
11	Quadratisch, wie bei Fig. 10	1,996	—	—	2,009	4,010	3478	39094
12	Cylindrisch	1,52	—	—	—	4,977	4143	39560
13	Desgl.	2,20	—	—	—	3,787	3132	44957
14	Quadratisch, wie bei Fig. 12	2,835	—	—	2,005	4,020	2988	47746

*) Aus dem „Civilingenieur“, Zeitschr. f. d. Ingenieurwesen. V. Bd. 1. u. 2. Heft. Jahr 1859.

**) Barlow versteht also in dieser zweiten Abhandlung unter φ eine gleichförmige über den ganzen Querschnitt vertheilte Kraft und bezieht es nicht blos auf die äusserste Faser.

Versuchs- Nummer	Beschreibung der Balken	Ganze Höhe Zoll	Metalldicke der Rippen Zoll	Abstand der Rippen Zoll	Breite der Rippen Zoll	Stärke der Mittelrippe Zoll	Ganze Breite des Balkens Zoll	Quer- schnitt □-Zoll	Bruchgewicht Pfund	Spannung der äusserst. Faser Pfund
15	I-förmig Fig. 13	2,04	1,03	1,00	1,53	0,50	2,03	2,60	4004	37508
16	H-förmig Fig. 14	2,02	1,03	0,88	2,02	0,50		2,59	2569	43358

Die letzte Columne zeigt nun, dass die nach der gewöhnlichen Theorie berechnete Spannung der äussersten Faser im Moment des Bruches zwischen den Werthen von 25271 bis 53966 Pfunden pro Quadratzoll schwankt und sehr weit von dem Festigkeitsmodulus für Zug, nämlich 18750 Pfund, abweicht; es mangelt also allerdings diejenige Uebereinstimmung welche man natürlicher Weise fordern darf. Berechnet man daher nach den vorher angegebenen Formeln diese Versuche nochmals, so hat man zur Bestimmung der Werthe f und φ folgende Gleichungen:

aus Nr. 1	0,67062	$f + 1,0059$	$\varphi = 28320$
" " 2	1,0425	$f + 1,1813$	$\varphi = 37020$
" " 3	1,4473	$f + 1,3388$	$\varphi = 46260$
" " 4	2,3297	$f + 1,4698$	$\varphi = 65295$
" " 5	2,0625	$f + 2,2043$	$\varphi = 77115$
" " 6	3,0564	$f + 1,3512$	$\varphi = 77205$
" " 7	3,2227	$f + 1,5059$	$\varphi = 90000$
" " 8	0,1734	$f + 0,2601$	$\varphi = 7905$
" " 9	0,1387	$f + 0,2354$	$\varphi = 7110$
" " 10	0,1252	$f + 0,2504$	$\varphi = 6736$
" " 11	0,1336	$f + 2,0009$	$\varphi = 52170$

aus Nr. 12	1,5708	$f + 2,6666$	$\varphi = 62145$
" " 13	1,0454	$f + 1,7746$	$\varphi = 46980$
" " 14	0,9484	$f + 1,8968$	$\varphi = 44820$
" " 15	1,2810	$f + 1,1260$	$\varphi = 48048$
" " 16	0,7110	$f + 1,0660$	$\varphi = 30828$

Zur Bestimmung der beiden Unbekannten würden streng genommen zwei Gleichungen hinreichen; da aber nicht nur bedeutende Verschiedenheiten in der Festigkeit gleichgeformter Balken vorkommen, sondern auch die Metallstärke hierauf von Einfluss ist, so muss man anders verfahren. Barlow nimmt zunächst die ersten 10 Versuche mit Stäben von $\frac{3}{8}$ Zoll Stärke, für welche man $f = 18750$ Pfund setzen kann und berechnet die Werthe von φ , welche von 14284 bis 19640 schwanken, aber im Mittel

$$\varphi = 16753, \text{ also } \frac{f}{\varphi} = \frac{1}{0,847}$$

ergaben und vergleicht dann hiermit die Versuche von Hodgkinson an Stäben von 1 Zoll im Quadrat und 54 Zoll Länge, deren absolute Festigkeit direct beobachtet worden war. Nachstehende Tabelle zeigt die Ergebnisse dieser Berechnung:

Eisensorte	Bruchgewicht in Pfund	Absolute Festigkeit pro Quadratzoll Pfund	Berechneter Werth von φ Pfund	Verhältniss zwischen f und φ
Carron-Eisen Nr. 2; kalter Wind	476	16683	14582	1 : 0,874
Desgl. heisser Wind	463	13505	15999	1 : 1,185
Carron-Eisen Nr. 3; kalter Wind	446	14200	14617	1 : 1,029
Desgl. heisser Wind	527	17755	14621	1 : 0,824
Devon-Eisen Nr. 3; desgl.	537	21907	14393	1 : 0,657
Buffery-Eisen Nr. 1; kalter Wind	463	17466	13358	1 : 0,765
Desgl. heisser Wind	436	13434	14588	1 : 1,086
Coed-Talon-Eisen Nr. 2; kalter Wind	413	18855	9732	1 : 0,516
Desgl. heisser Wind	416	16676	11347	1 : 0,682
Low-Moor-Eisen Nr. 3; kalter Wind	461	14535	15528	1 : 1,066
Mittel	464	16502	14075	1 : 0,853

Hiernach zeigt sich, dass das Verhältniss $f : \varphi$ von der Beschaffenheit des Eisens abhängig ist; weil aber ein ähnliches mittleres Verhältniss gefunden wird, als bei seinen eigenen Versuchen, so setzt *) Barlow diesen Quotienten $= 0,9$ und geht hiermit nochmals in obige 16 Gleichungen ein, worauf sich dann ergibt, dass der Coefficient f im Mittel bei den ausgenommenen Balken (Nr. 2 bis 7) zu . . . 18282
" " massiven Balken (Nr. 1) zu . . . 17971

bei den einzöll. quadr. u. cylindr. Balken (Nr. 8—10) zu 19616
" " vierzöll. quadr. u. cylindr. Balken (Nr. 11—14) zu 16800
" " gerippten 1½ Zoll stark. Balken (Nr. 15 u. 16) zu 19701
angenommen werden kann, überhaupt aber nur zwischen den Werthen $f = 15902$ und 20942 schwankt, welche keine stärkeren Abweichungen von einander zeigen, als bei anderen directen Beobachtungen über die absolute Festigkeit gefunden werden.

Eine interessante Bestätigung seiner Formel erhält Barlow ferner durch die in den Vereinigten Staaten von Wade

*) Richtiger wäre wohl eigentlich hieraus zu folgern $\varphi = 0,85 f$.

angestellten Versuche über die Festigkeit quadratischer und runder Barren aus mehrfach umgeschmolzenem und längere Zeit im Schmelzen erhaltenem Gusseisen. Nachstehende Tabelle, welcher Barlow die letzte Column mit den nach seiner Theorie berechneten Werthen des Coefficienten f beigelegt hat, enthält eine Zusammenstellung dieser Versuche.

Quadratische Stäbe, 20 Zoll lang.

Eisensorte	Dauer d. Schmelzung Stunden	Breite Zolle	Stärke Zolle	Bruchgewicht Pfund	Coefficient f Pfund
Franklin-Eisen:	1½	2,025	2,058	12712	18920
2tes Umschmelzen	2	2,000	2,054	12712	19233
	2½	1,994	2,008	13950	22149
	2¾	1,989	2,013	11700	18531
3tes Umschmelzen	2¾	1,975	1,999	14569	23566
	2¾	1,977	2,008	13387	21440
	0	2,025	1,980	12987	20882
3tes Umschmelzen	0	2,020	1,990	13365	21330
	1	2,030	1,990	15363	24396
	1	2,030	1,990	14616	23211
	2	2,020	2,050	13788	20735
	2	2,050	2,070	14850	21582
	3	2,025	2,060	16056	23852
	3	2,035	2,020	16722	25708
3tes Umschmelzen	½	1,978	2,003	12994	20904
	1½	1,930	2,003	15300	25226
	3	1,977	2,028	15862	24904
	3¾	2,010	2,008	16172	25473

Die Uebereinstimmung zwischen letzteren Beobachtungsdaten und dem berechneten Coefficienten ist ganz befriedigend. Was die absolute Grösse desselben anlangt, so macht Barlow auf die durch wiederholtes Umschmelzen und langes Schmelzen erlangte bedeutende Vermehrung der Festigkeit aufmerksam, indem sich auf diesem Wege eine Steigerung

Runde Stäbe, 20 Zoll lang.

Eisensorte	Dauer d. Schmelzung Stunden	Durchmesser Zolle	Bruchgewicht Pfund	Coefficient f Pfund
Franklin-Eisen:	1	1,975	7920	20711
2tes Umschmelzen	2	1,950	9270	25188
	3	1,953	9481	25644
	4	1,975	7920	20711
3tes Umschmelzen	½	2,415	16425	23493
	1½	2,420	18141	25788
	2½	2,420	20419	29093
	2¾	2,420	19997	28425
	2¾	2,420	18225	25907
3tes Umschmelzen	½	1,960	10437	27927
	1½	1,970	8665	22835
	3	2,000	11112	27984
	3¾	1,960	10606	28378

Durch directe Beobachtung ergab sich dagegen die absolute Festigkeit wie folgt:

	Von einer 6pfündigen Kanone	Von der Kanone Nr 46	Mittel
	Dritte Umschmelzung	Zweite u. Dritte Umschmelzung	
1. Umschmelzung	25969	15861	20915
2. "	29143	20420	24781
3. "	27765	24383	26569
4. "	30039	25775	27906
7. "	...	29690	

bis aufs Doppelte erzielen lässt gegen gewöhnliches Roh-eisen.

Das Verhältniss zwischen den Coefficienten f und φ würde muthmasslich bei recht homogenem und elastischem Metall der Einheit gleich sein, und hängt, wie nachstehendes Täfelchen zeigt, wesentlich von der Beschaffenheit des Metalles ab.

Beschreibung der Stäbe	Relative Festigkeit		Absolute Festigkeit		Specifisches Gewicht	
	Stück		Stück		Stück	
	aus der Kanone Pfund	separat gegossen Pfund	aus der Kanone Pfund	separat gegossen Pfund	aus der Kanone Pfund	separat gegossen Pfund
Sechspfänder Nr. 6	8415	9880	30234	29143	0,7196	0,7263
Sechspfänder Nr. 8	9233	9977	31087	30039	0,7278	0,7248
Achtpfänder Nr. 64	8575	10176	26367	24583	0,7276	0,7331
Mittelwerthe	8741	10011	29229	27922	0,7250	0,7281
Verhältniss	1	1,145	1	0,955	1	1,004

Man sieht, dass nach dem Umgiessen im Mittel zwar 4,5 pCt. an der Widerstandsfähigkeit gegen Ausdehnung verloren, dagegen 14,5 pCt. an der relativen Festigkeit gewonnen werden. Diese Unterschiede fallen aber im Allgemeinen bei krystallinischen und gleichförmigen Materialien nur gering aus.

Was die Sphäre des Einflusses des aus der Biegung hervorgehenden Widerstandes anlangt, so verlegt Barlow, wie

man sieht, den Angriffspunct dieser Kraft in die Schwerpunkte der beiden Hälften bei einfachen Körpern, behandelt aber bei zusammengesetzten Querschnitten den mittleren Theil und die aufgesetzten Rippen für sich, so dass die Kräfte in den betreffenden Schwerpunkten dieser Theile angreifend gedacht werden.

Barlow hat auch Versuche mit schmiedeeisernen Bar-

ren angestellt, um seine neue Theorie daran zu prüfen. Zunächst galt es zu untersuchen, ob die neutrale Axe hier ebenfalls in den Schwerpunkt falle, wie bei den gusseisernen Barren, und es wurden daher an einem 7 Fuss 6 Zoll langen, 6 Zoll hohen und 1½ Zoll starken Stabe von Walzeisen, wie an einem 8 Fuss langen, 7½ Zoll hohen und 1¾ Zoll starken Stabe von geschmiedetem Eisen Messungen angestellt, welche trotzdem, dass die Ausdehnungen bei Schmiedeeisen ungefähr nur halb so gross ausfallen, als bei Gusseisen, die unvermeidlichen Messungsfehler also viel störender auftreten, deutlich erkennen lassen, dass in gleichen Abständen vom Schwerpunkte gleiche Längenveränderungen erfolgen.

Hieraus folgerte nun Barlow, dass sich auch für Schmiedeeisen die Formel

$$2 \left(\frac{f}{3} + \frac{\varphi}{2} \right) b d^2 = \frac{Wl}{4}$$

festhalten lassen werde, und suchte nun f und φ zu bestimmen. Dies ist aber weit schwieriger, als bei Gusseisen, da das Schmiedeeisen nicht plötzlich bricht, sondern nur durchgebogen wird. Auch der Umstand, dass bei Schmiedeeisen der Widerstand gegen das Zerdrücken nur wenig mehr, als halb so gross ist, als derjenige gegen das Zerreißen, während die Elasticitätsmodeln für beide Fälle ziemlich gleich sind, erschwert die Untersuchung, und es ist hierbei im Auge zu behalten, dass bei dem Zerdrückungsversuche die Stäbe nach Ueberschreitung der Elasticitätsgrenze sogleich zusammengedreht werden, während bei den Zerreißungsversuchen diese Grenze längst überschritten sein kann, ehe ein wirklicher Bruch erfolgt.

An drei zweizolligen quadratischen Stäben, Nr. 15, 16 und 17, beobachtete Barlow die absolute Festigkeit und fand für Nr. 15, ausgeschweisstes Eisen 9,5 Tonnen pro Quadratzoll, für Nr. 16, altes zusammengeschweisstes Eisen . . . 8,25 " " " für Nr. 17, neues Eisen von Gordon 10,00 " " "

Stäbe von derselben Qualität wurden dann mit 33 Zoll freier Länge auf relative Festigkeit probirt, wobei man die Grösse derjenigen Belastungen, welche die Elasticitätsgrenze überschritten,

bei Nr. 15 im Mittel zu 3,00 Tonnen,

" " 16 " " " 2,25 "

" " 17 " " " 2,83 "

ermittelte. Wird nun mittelst der Formel

$$\varphi = \frac{Wl}{4bd^2} - \frac{1}{3}f$$

die Grösse des Coefficienten φ berechnet, so ergibt sich:

für Nr. 15 $\varphi = 6,04$ Tonnen $f = 9,5$ Tonnen,

" " 16 $\varphi = 3,78$ " $f = 8,25$ "

" " 17 $\varphi = 5,01$ " $f = 10,00$ "

im Mittel $\varphi = 4,94$ Tonnen $f = 9,25$ Tonnen,

also das Verhältniss $f : \varphi = 1 : 0,53$.

Andere Versuche ergaben das Verhältniss $1 : 0,406$.

Man kann also wohl annehmen, dass bei Schmiedeeisen im Mittel das Verhältniss zwischen den beiden Coefficienten

gleich $\frac{1}{2}$ stattfindet, jedoch ist dieser Gegenstand wohl noch nicht genügend erörtert.

Peter Barlow hat zu dieser Abhandlung noch einen theoretischen Anhang geliefert, worin für solche Querschnitte welche nicht symmetrisch sind, die Lage der neutralen Axe und die Gleichgewichtsgleichungen bestimmt werden. Derartige Querschnitte sind namentlich die T-förmigen, und diese werden daher besonders ins Auge gefasst.

Bezeichnet

a die Höhe des Balkens,

m die Stärke der Mittelrippe,

d die Stärke der unteren Rippe,

d' die Stärke der oberen Rippe,

b die Breite der unteren Rippe minus Mittelrippe m ,

b' die Breite der oberen Rippe — m ,

x den Abstand der neutralen Axe von der unteren Kante,

x' den Abstand derselben von der oberen Kante,

t den Widerstand der unteren Fasern gegen Zug,

c den Widerstand der oberen Fasern gegen das Zusammendrücken,

und fasst man zunächst die mittlere Rippe von der unteren Kante bis zur oberen Kante ins Auge, so kann man die Summe der Widerstände der unteren Fasern gegen Zug durch $\frac{1}{2}max$ und die Summe des durch die Biegung hervorgerufenen Widerstandes derselben Fasern durch $mx\varphi$ ausdrücken, und wenn man der Erleichterung halber $\varphi = t$ (nicht $\varphi = \frac{9}{10}t$, wie bei William Barlow) setzt, so findet man als totalen Widerstand der unterhalb der neutralen Axen liegenden Fasern

$$= \frac{3}{2}max.$$

Da ferner der Widerstand der in den Rippen liegenden Fasern gegen Zug proportional zu dem Abstände von der neutralen Axe wächst, so erhält man, wenn man x als constant ansieht und mit y einen variablen Abstand von der neutralen Axe bezeichnet,

$$bt \int_x^{x-d} \frac{ydy}{x} = b \left(d + \frac{d^2}{2x} \right) t$$

als Summe der Widerstände gegen die Ausdehnung, wogegen der Widerstand gegen die Biegung durch dbt ausgedrückt wird.

Demnach wird der totale Widerstand der unteren Faser ausgedrückt durch:

$$\left(\frac{3}{2}mx + 2bd - \frac{d^2}{2x}b \right) t.$$

Ebenso findet sich für den Widerstand der oberhalb der neutralen Axe gelegenen Fasern:

$$\left(\frac{3}{2}mx' + 2b'd' - \frac{d'^2}{2x'}b' \right) c.$$

Nun wird man durch Gleichsetzung dieser Ausdrücke die Lage der neutralen Axe finden können, aber man muss bedenken, dass die Widerstände t und c sich wie die Abstände x und x' verhalten, und dass $x' = a - x$; man erhält daher:

$$x = \frac{3ma^2 + 4d'b'a + d^2b - d'^2b'}{6ma + 4(db + d'b')}.$$

Betrachtet man nun weiter den unteren Theil des Querschnittes, und setzt man den Abstand der neutralen Schicht von der unteren Kante $= D$, so hat man für die Mittelrippe:

$$\frac{5}{6} m D^2 t,$$

und für die Seitentheile der unteren Rippe:

$$\frac{D^3 - (D - d)^3}{3D} b t + \frac{d}{D} \left(D - \frac{d}{2} \right) d b t$$

$$= \left(D - \frac{5d^2}{6D} \right) d b t,$$

also für den ganzen unteren Theil des Querschnittes den Widerstand:

$$R = \left[\frac{5}{6} m D^2 + \left(D - \frac{5d^2}{6D} \right) d b \right] t.$$

Ebenso erhält man für den oberhalb der neutralen Axe liegenden Theil des Querschnittes:

$$R' = \left[\frac{5}{6} m D'^2 + \left(D' - \frac{5d'^2}{6D'} \right) d' b' \right] c,$$

oder weil $c = \frac{D'}{D} t$ ist, so erhält man den ganzen Querschnitt:

$$\left(R + \frac{D'}{D} R' \right) t = \frac{W l}{4}.$$

Zur Prüfung werden diese Formeln auf die Berechnung mehrerer Versuche von Hodgkinson angewendet. Die Form der Balken ist in den Figuren 15 bis 28 dargestellt, und alle übrigen Data enthält die nachstehende Tabelle.

Beschreibung der Balken	Länge zwischen den Auflagern Zolle	Höhe des Balkens Zolle	Obere Rippen Breite \times Stärke Zolle	Untere Rippen Breite \times Stärke Zolle	Mittelrippe Stärke Zolle	Bruchgewicht Pfund	Berechneter Werth von t Pfund
Figur 15	54	5,125	1,75 \times 0,3	1,77 \times 0,42	0,29	6678	14578
Figur 16	54	5,125	1,74 \times 0,26	1,78 \times 0,55	0,30	7368	14005
Figur 17	54	5,125	1,07 \times 0,3	2,1 \times 0,57	0,32	8270	14005
Figur 18	54	5,125	...	2,27 \times 0,52	0,415	8720	13868
Figur 19	54	5,125	1,05 \times 0,34	3,08 \times 0,51	0,305	10727	14765
Figur 20	54	5,125	1,6 \times 0,315	0,416 \times 0,53	0,38	14462	14832
Figur 21	54	5,125	1,56 \times 0,315	5,17 \times 0,56	0,34	16730	14181
Figur 22	54	5,125	2,35 \times 0,29	5,43 \times 0,537	0,35	16905	13918
Figur 23	54	5,125	2,33 \times 0,31	6,67 \times 0,66	0,266	26084	15474
Figur 24	84	4,1	2,25 \times 0,33	6,0 \times 0,74	0,4	13543	16720
Figur 25	84	5,2	2,1 \times 0,27	6,14 \times 0,77	0,34	15129	13612
Figur 26	108	10,25	2,1 \times 0,27	6,14 \times 0,77	0,27	28672	14606
Figur 27	54	5,125	...	2,27 \times 0,46	0,37	8792	15374
Figur 28	54	5,135	...	2,26 \times 0,47	0,352	9044	15980

Hiernach schwanken die Werthe von t nur zwischen 14000 und 16000 Pfund pro Quadratzoll, was jedenfalls eine sehr befriedigende Uebereinstimmung nachweist, so dass man wohl berechtigt sein dürfte, die Barlow'sche Theorie allgemein für jede Querschnittform anzuwenden.

Gewöhnlich hat man nun die umgekehrte Aufgabe zu lösen, und nach dem Vorstehenden ergibt sich, dass man für schwächere Balken, wie die obigen, $t = 14500$ bis 15000 Pfund annehmen kann; für vorzüglichere Eisensorten kann man einen höheren Coefficienten einführen, den man aber erst experimentell bestimmen muss. Bei stärkeren Balken von 2 bis 3 Zoll Wandstärke ist dagegen der Festigkeitscoefficient niedriger. Nach Hodgkinson und James ist folgende Abnahme des Coefficienten zu beobachten:

Bei 1 2 3 Zoll Stärke verhalten sich die Coefficienten

wie 1 0,78 0,756 nach Hodgkinson und

wie 1 0,794 0,624 nach James,

und es wird sonach rathlich sein, t nicht grösser als 10000 Pfund pro Quadratzoll anzusetzen. Ein 45 Fuss langer, 29,5 Zoll hoher Balken mit einer 2,9 Zoll starken unteren Rippe ergab z. B. $t = 10533$ Pfund.

Die Brückenbauten am Rhein.

(Mit Zeichnungen auf Blatt D im Texte.)

Zur Zeit sind am Rhein und über den Rhein einige Brückenbauten in Ausführung, die theils durch die Grossartigkeit ihrer Anlagen, theils durch die Neuheit ihrer Constructionen das Interesse jedes Fachmannes in hohem Grade erregen. Ich erinnere nur an die Bauten bei Kehl und bei Cöln. Nach einem tausendjährigen Zeitraum, der seit dem Brückenbau Carls des Grossen bei Mainz, und nach einem anderthalbtausendjährigen, der seit dem Beginne eines Steinbrückenbaues bei Cöln, von Constantin dem Grossen im Jahre 308 unternommen, verstrichen ist, blieb es unserm Jahrhundert vorbehalten, den Bau stehender Brücken über den Rhein aufs Neue zur Ausführung zu bringen; und wohl dürften diese Brücken ihrem Zwecke längere Zeit entsprechen, als es die ersten gethan.

Verfasser dieses, der die verschiedenen Baustellen besuchte, glaubt dem Wunsche vieler Techniker entgegen zu kommen durch zeitweise Mittheilung von Notizen über diese Bauten, welche zu sammeln ihm die Bereitwilligkeit der bauleitenden Beamten möglich machte, und beginnt in dem Folgenden mit dem Bau der Cölner Brücke, der durch den fortgeschrittenen Stand seiner Ausführung jetzt am meisten

des interessanten Stoffes und des Mittheilenswerthen aufzuweisen hat.

I. Der Brückenbau in Cöln.

Cöln ist der Ausgangspunct dreier Eisenbahnen, der Cöln-Aachener, der Cöln-Crefelder und der Cöln-Bonner Eisenbahn, wozu noch in Deutz, dem Brückenkopf von Cöln, die Cöln-Mindener Eisenbahn kommt. Diese Bahnen wurden zu verschiedenen Zeiten und von verschiedenen Gesellschaften gebaut; ohne die einstige Entwicklung und die Nothwendigkeit der Concentration des Verkehrs vorauszusehen, legte man die Bahnhöfe dahin, wo die Richtung der Bahnlinien die Stadtgrenze zuerst erreichte. Auf diese Weise ist es denn gekommen, dass der Bahnhof der Cöln-Bonner Eisenbahn sich am südwestlichen Ende der Stadt befindet, während die Bahn von Cöln nach Aachen sich in einem provisorischen Bahnhof vor dem nördlichen Ende derselben etablirte, wohin denn auch die Bahn nach Crefeld ihren Ausgangspunct verlegte. Bei der Lage Cölns, das sich in einem grossen Halbkreise an dem Rhein ausbreitet, bedingt diess eine Entfernung der beiden Bahnhöfe von mehr als einer halben Stunde Wegs. Nach Erbauung der Cöln-Mindener Bahn suchte die rheinische Eisenbahngesellschaft eine bessere Verbindung der Bahnhöfe herbeizuführen, in deren Folge der Personen-Bahnhof der Cöln-Aachener Bahn längs dem Rheinufer bis gegenüber dem Bahnhofe der Cöln-Mindener Bahn vorgeschoben, und die Verbindung durch ein Dampfboot hergestellt wurde. Der Güterbahnhof blieb indessen nach wie vor, vor der Stadt. Dieses Arrangement war allerdings schon ein Fortschritt auf dem Wege der Centralisation; doch genügte dasselbe nur auf kurze Zeit. Nachdem die rheinische Eisenbahngesellschaft die Linie von Cöln nach Bonn erworben hatte und der Weiterbau der Bahn von Bonn nach Bingen in Angriff genommen war, auch die Linie von Oberhausen nach Arnheim der Vollendung entgegen ging, stellte sich das Bedürfniss einer Vereinigung der verschiedenen Bahnen in Cöln und die Concentration des Verkehrs immer mehr als eine unabwiesbare Nothwendigkeit dar. Namentlich für die ausgedehnte Eisenindustrie der Rheinlande ist der ununterbrochene Bezug der Erze und Kohlen besonders wichtig, und diese Stetigkeit des Verkehrs war nicht zu erreichen, so lange der Rhein als trennendes Hinderniss, unüberbrückt zwischen den Hauptstationen der beiden Bahnen strömt.

Dieses wurde die Veranlassung zur Verbindung der beiden Ufer durch eine stehende Brücke, und im Anschluss daran, zur Anlage eines Centralgüterbahnhofes in Cöln, sowie zur Verlegung des Personenbahnhofes in einen der belebtesten Theile der innern Stadt. Es konnte diess nur durch Hingeweräumung einer grossen Anzahl Gebäude, der Führung der Eisenbahn auf einem Viaduct von 15 Bogen, und der Ueberbrückung mehrerer Strassen möglich gemacht werden. Nach den Vorbildern der Bauten über die Weichsel und die Nogat entschied man sich für die Herstellung einer eisernen Gitterbrücke, nachdem ein eingereichtes Project einer Kettenbrücke mit Zugstangen, wegen Mangel an Erfahrung über diese Construction in ihrer Anwendung als Eisenbahnbrücke, verworfen worden war. Doch stellten sich dem Unternehmen nicht un-

bedeutende Hindernisse entgegen; namentlich waren es politische Schwierigkeiten, noch mehr aber die gefährdeten Interessen der Rheinschiffer, welche seine Ausführung verzögerten. Die Rheinschiffer verlangten, dass ein Durchlass an der Brücke angebracht würde, da eine Brücke ohne einen solchen die freie Schifffahrt auf dem Rhein störe. Darauf glaubte die Regierung nicht eingehen zu dürfen, und verstand sich nur (noch während der Ausführung der Brücke) zu einer Erhöhung der Pfeiler um drei Fuss. Die Schiffer erhielten dagegen eine der Grösse ihrer Schiffe angemessene Geldentschädigung von den Eisenbahngesellschaften, um die Vorrichtung zum Umlegen der Masten an ihren Schiffen anbringen zu lassen. Denn trotzdem, dass der untere Rahmen der Gitter 53 Fuss über dem Nullpuncte des Cölner Pegels liegt, sind die gewöhnlichen Rheinschiffe doch genöthigt, beim Passiren durch die Brücke die Masten zu senken.

Die ganze Breite des Rheines wird in vier Oeffnungen überbrückt, gebildet durch 2 Landpfeiler und 3 Strompfeiler. Die Landpfeiler sind in mächtigem, massivem Style gehalten, da dieselben bestimmt sind, zu gleicher Zeit Befestigungsthürme zu tragen; die Strompfeiler, die eine ungefähre Länge von 100 Fuss haben mögen, sind oben 20 Fuss breit und verlaufen nach unten in einem entsprechenden, doch mässigen Anzuge. Das Material der Pfeiler ist ein sehr schöner, poröser, graublauer, schlackiger Basaltquader, welcher die äussere Bekleidung bildet; der Kern ist aus Rauhmauerwerk aufgeführt. Als Bindemittel ist durchgehend ein ausgezeichneter Trassmörtel verwendet.

Die Gründung der Pfeiler gestaltete sich den Verhältnissen gemäss sehr einfach. Man gründete dieselben auf Beton, und zwar wurde dabei die Methode angewendet, die jetzt bei den meisten Bauten des Rheinlandes, die eine Foundation voraussetzen, zur Ausführung kommt. Um den Raum, auf welchen der Pfeiler zu stehen kommt, wird eine Pfahlwand, je nach der Beschaffenheit des Baugrundes mehr oder weniger tief, eingeschlagen und dadurch der innere Raum abgeschlossen; die Baugrube dann bis auf die Bodenschicht, welche als mittelbare Unterlage angenommen werden soll, ausgebaggert und der Beton eingebracht. Dieses kann auf dem einfachsten Wege durch einen Kündel geschehen; ist jedoch die Baugrube tief und der Wasserstand in derselben bedeutend, so ist es jedenfalls vorzuziehen, den Beton mittelst Trichters, der die nöthigen Walzen und Klappen an seinem unteren Ende hat, einzubringen. Wenn ungefähr die halbe Höhe der Betonschicht erreicht ist, so stellt man innerhalb der ersten Pfahlwand eine zweite in den noch nicht erhärteten Beton, und zwar in einer Entfernung von der ersten, welche je nach der Höhe des äusseren Wasserstandes eine grössere oder kleinere ist. Die zweite Hälfte der Betonschicht wird nun eingelegt, und der Zwischenraum zwischen den beiden Pfahlwänden mit Beton bis zur Höhe des äusseren Wasserstandes ausgefüllt. Nach Erhärtung desselben wird das Wasser ausgepumpt und die Mauerung kann nun in einem trockenem Raume innerhalb eines Beton-Fangdammes stattfinden. Nach Aufmauerung des Pfeilers werden die Pfahlwände bis auf die Betonschicht abgeschnitten und mit einem mächtigen Steinwurf umgeben.

Hier in unserem speciellen Falle waren die Pfähle zur

Umfassungswand einen Fuss im Quadrat stark, und die Baugrube wurde bis — 12 Fuss am Cölnner Pegel ausgehoben. Der niedere Wasserstand des Rheines in den Jahren 1857 und 1858 begünstigte ausserordentlich die Ausführung der Gründungen.

Der Oberbau besteht, wie auch schon oben angeführt wurde, aus Gitterträgern. Da die Brücke neben der Ueberführung der Eisenbahn, auch eine Verbindung der beiden durch den Rhein getrennten Stadttheile bezwecken sollte, beabsichtigte man, so zu sagen, drei getrennte Brücken neben einander auf dieselben Pfeiler zu legen; davon zwei Brücken für den gewöhnlichen Verkehr, und zwar die eine für die Richtung von Westen nach Osten, und die andere in der Richtung von Osten nach Westen, und eine Brücke für den Eisenbahnverkehr. Dieser Plan wurde dahin abgeändert, dass diese drei Brücken in zwei zusammengezogen werden sollten, wovon die eine für die Eisenbahn bestimmt ist, die andere aber dem gewöhnlichen Verkehr dient. Beide Brücken sind vollständig getrennt, und liegen ganz unabhängig neben einander auf denselben Pfeilern und Widerlagern. Jede derselben wird von ihr nur allein angehörenden Tragwänden getragen. Die Eisenbahnbrücke liegt auf der Thalseite, die Fahrbrücke auf der Bergseite. Aus der Skizze Fig. 1 (Bl. D im Texte) geht die Anordnung zur Genüge hervor.

Da die Construction der beiden Brücken eine verschiedene ist, so beschreiben wir zuerst die der Eisenbahnbrücke. Die Breite derselben beträgt 24 Fuss und ist für ein doppeltes Schienengeleise eingerichtet. Auf beiden Seiten liegen die Tragwände. Diese werden gebildet durch zwei gleich starke und gleich hohe Gitterwände, die durch gemeinschaftliche Ober- und Unterrahmen zusammengekuppelt sind. Eine horizontale Blechplatte, deren Breite 4 Fuss 6 Zoll beträgt, bildet den Haupttheil des unteren Rahmens; die Dicke derselben ist bei einfacher Lage $\frac{1}{2}$ Zoll. Darauf stehen in verticaler Stellung in einer gegenseitigen Entfernung von 2 Fuss zwei Blechplatten, deren jede bei einer Stärke von $\frac{1}{2}$ Zoll eine Höhe von 3 Fuss 10 Zoll hat. Die Befestigung derselben auf der Horizontalplatte geschieht mittelst kräftiger Winkeleisen. Diese drei Platten nun, welche demnach einen langen, oben offenen Kasten zusammensetzen, bilden den unteren Rahmen. Der obere Rahmen hat ganz genau dieselbe Construction und wird mit dem untern Rahmen durch ein doppeltes Gitterwerk verbunden. Auf den sich zugekehrten Seiten sind vertical gestellte Winkeleisen angenietet, und an diese ein Zwischengitterwerk, was hauptsächlich zur festen Verbindung der beiden Gitter beiträgt.

Da, wo die einzelnen Enden der Blechplatten zusammenstossen, ist die Verbindung durch eine aufgenietete Deckplatte hergestellt; ebenso geschieht die Verbindung der einzelnen Winkeleisenlängen durch Aufnieten von Winkeleisen.

Auf diese Weise sind denn die 660 Fuss langen Tragwände construirt. Sie haben eine Höhe von 27 Fuss und reichen über je 2 Oeffnungen, liegen also an drei Punkten auf. Die freie Weite zwischen je zwei Auflagern beträgt 315 Fuss, und das Auflager an den jedesmaligen Enden der Gitter 4 $\frac{1}{2}$ Fuss. Der Querschnitt der Gitterrahmen entspricht an den betreffenden Stellen möglichst genau den Gesetzen,

welchen ein Balken, der auf drei Stützen aufruhrt, unterworfen ist. Obschon der Ober- und Unterrahmen, der erstere auf Druckfestigkeit, der andere auf Zugfestigkeit in Anspruch genommen ist, und diese beiden Festigkeiten für Schmiedeeisen verschieden sind, so sind doch die jedesmal über einander liegenden Querschnitte gleich stark angenommen. Zunächst dem Auflager an beiden Enden des Gitters ist der Querschnitt der Rahmen am schwächsten, während er zwischen zwei Stützpunkten zunimmt und in der Mitte des Gitters auf dem Auflagepfeiler sein Maximum erreicht. Zwischen je zwei Stützpunkten geschieht die Verstärkung des Querschnittes durch Aufeinanderschichten von nahezu gleich starken und gleich breiten Blechplatten, wie das auch aus der Figur ersichtlich ist. An dem Auflager in der Mitte des Gitters über dem Pfeiler jedoch ist der Querschnitt der Rahmen so stark, dass, wenn man denselben durch Aufeinanderschichten von Platten von den oben angeführten Dimensionen hätte erreichen wollen, diese Lage zu hoch würde und zu besorgen stünde, dass die Vernietung nicht mehr mit der nöthigen Vollkommenheit ausgeführt werden könnte. Desshalb ist in der Mitte des Gitters, über dem Auflagerpfeiler, die obere und untere Horizontalplatte erbreitert und zwar bis zu 7 Fuss 6 Zoll. Diese Erbreiterung geht nach innen, beginnt 21 Fuss vor dem Gittermittel, erreicht im Mittel ihr Maximum und läuft 20 Fuss nach dem Gittermittel in die normale Breite von 4 Fuss 6 Zoll aus.

Die Anordnungen und Dimensionen der Gitter sind folgende: Die Gitterstäbe sind in Abständen von 2 Fuss 6 Zoll an die verticalen Platten angenietet und überkreuzen sich unter einem Winkel von 45°. Die Gitterstäbe reichen nicht bis auf die Horizontalplatte herunter, sondern endigen schon 1 Fuss 7 Zoll unter der obern Kante der Verticalplatten.

Bemerkenswerth ist, dass sie sich über der Verticalplatte zusammenbiegen, um die Zwischenstücke an den Kreuz- und Nietpunkten zu vermeiden. Bei den Gitterstäben hat man die verschiedene Festigkeit des Eisens in Betracht genommen und demgemäss den Stäben, welche auf Zugfestigkeit in Anspruch genommen sind, einen schwächeren Querschnitt gegeben, als denen, die auf Druckfestigkeit in Anspruch genommen sind; erstere sind an dem Auflager bei einer Breite von 5 Zoll 1 Zoll dick, während die letztern bei gleicher Breite 1 $\frac{1}{2}$ Zoll dick sind. Doch nehmen die letztern gegen die Mitte der Oeffnung hin etwas rascher in den Dimensionen ab, so dass beide an den schwächsten Stellen gleichen Querschnitt haben, nämlich 3 Zoll breit und $\frac{1}{2}$ Zoll dick.

Da der untere Rahmen einen oben offenen Kasten bildet, worin sich Regenwasser ansammeln kann, so sind in der untern Horizontalplatte Oeffnungen gelassen, welche den Ablauf desselben gestatten.

Die Querträger bestehen aus Blechbarren von 21 Zoll Höhe und $\frac{1}{2}$ Zoll Dicke, oben und unten verstärkt durch 10 Zoll breite, $\frac{1}{2}$ Zoll dicke Horizontalplatten, die mittelst Winkeleisen aufgenietet sind, so dass die ganze Höhe der Querträger 22 Zoll beträgt. Sie liegen von 5 zu 5 Fuss auf der Horizontalplatte des Hauptrahmens auf und sind mit derselben vernietet. In unmittelbarer Nähe des Auflagers rücken die Querträger auf eine Entfernung von 2 $\frac{1}{2}$ Fuss zusammen.

Um jede der gekuppelten Gitterwände zu einem gleichmässigen Tragen zu veranlassen, befindet sich in der Fortsetzung der Querträger zwischen den Gittern eine Blechplatte, welche senkrecht zu jeder Platte des Rahmens steht und durch Winkeleisen mit denselben vernietet ist, wie denn auch die Querträger noch einmal durch Eckbleche mit den Gittern verbunden sind.

Zur Horizontalverstrebung der Gitterwände sind unterhalb der Querträger gekreuzte Zugbänder auf die untern Rahmen aufgenietet, während oben auf den Gitterwänden die Zugbänder durch Winkeleisen ersetzt sind.

Neben dieser Eisenbahnbrücke befindet sich, ohne allen Zusammenhang mit derselben die Brücke für den gewöhnlichen Verkehr. Dieselben Spannweiten der einzelnen Oeffnungen, dieselbe Länge der Gitter verstehen sich von selbst, doch ist die Breite derselben 27 Fuss. Die Träger sind wie bei der neben liegenden Brücke 27 Fuss hoch und unterscheiden sich von denselben durch die viel einfachere Construction. Sie bestehen aus einem einfachen Gitterwerk, oben und unten durch einen Rahmen eingefasst. Der Rahmen wird gebildet durch eine Horizontalplatte, deren Breite 2 Fuss 6 Zoll ist, darauf mit Winkeleisen befestigt, eine Verticalplatte, deren Dimensionen dieselben sind, wie bei der Eisenbahnbrücke. Der Querschnitt der Rahmen ist bedeutend schwächer, wie bei der vorigen, doch ist derselbe auch wechselnd je nach der Entfernung vom Auflager. Nur die Gitterstäbe haben dieselben Dimensionen, wie die der nebenliegenden Brücke. Die Gitter werden durch Blechstreifen, die durch Winkeleisen verstärkt sind, abgesteift.

Die Querträger der Strassenbrücke, die ebenfalls durch Blechbarren gebildet werden, liegen auf Entfernungen von 10 zu 10 Fuss auf den untern Rahmen auf, und sind ebenso, wie bei der Eisenbahnbrücke, durch Eckbleche mit dem Gitter verbunden. Dieselben sind etwas schwächer, wie die vorherbeschriebenen, haben zwar dieselbe Höhe, doch beträgt ihre Dicke nur $\frac{1}{4}$ Zoll, und die Verstärkungsbleche sind bei gleicher Dicke nur 6 Zoll breit.

Auf diesen Querträgern liegen nun die hölzernen Langschweller, welche die unmittelbare Unterlage bilden, bei der einen Brücke für die Schienen, bei der andern für den Bohlenbelag, welcher letzterer auf beiden Seiten mit etwas erhöhten Trottoirs eingefasst ist.

Ueber den Zwischenraum zwischen beiden Brücken ist anzuführen, dass die Entfernung der Verticalplatte des äusseren Gitters am untern Rahmen der Eisenbahnbrücke, von der Verticalplatte des untern Rahmens des zunächst liegenden Gitters der Strassenbrücke, 3 Fuss und 6 Zoll beträgt. Die Enden eines jeden Trägers liegen in einer Art Kasten auf Walzen auf. — Es bleibt nun noch übrig, etwas über die Ausföhrung, resp. über die Aufstellung der Gitter zu sagen. Dieselben werden, wie das bei so kolossalen Dimensionen wohl nicht anders thunlich ist, an Ort und Stelle auf einem Gerüst zusammengesetzt. Was in der Fabrik, welche die Eisenlieferung übernommen hatte, vernietet werden konnte, wurde vernietet, was namentlich mit einzelnen Theilen des Gitterrahmens recht wohl anging. Ebenso wurden sämtliche Nietlöcher in die Gitterstäbe gebohrt. Durch eine Vorrichtung in

der Fabrik, durch welche die sämmtlichen Löcher eines Gitterstabes auf einmal gebohrt werden konnten, sind dieselben mit solcher Genauigkeit hergestellt, dass ein Nachreiben nur selten stattgefunden hat.

Um den Schiffahrtsverkehr auf dem Strome so wenig als möglich zu hindern, führte man den eisernen Oberbau in zwei Abtheilungen aus; jedesmal zwei Oeffnungen oder die halbe Strombreite. Dadurch blieb die andere Hälfte der Schiffahrt geöffnet, und ausserdem war nur die halbe Ausrüstung erforderlich.

Zur Herstellung des Gerüsts zwischen je zwei Strompfeilern wurden 3 Pfahljoche eingerammt. Ueber diese liegen, gestützt durch eine grosse Anzahl Streben, hölzerne Gitterträger. Die Entfernung der einzelnen Joche von einander beträgt 80 Fuss. Die Höhe der hölzernen Gitterwände ist ungefähr 12 Fuss, bei einer Maschenweite von 5 Fuss, so dass bei einfüssigen Rahmen 2 Gittermaschen auf die ganze Höhe kommen. Zur Unterstützung der auf beiden Seiten des Baues sich befindenden Arbeits- und Transportbahnen sind etwas schwächere Holzgitter (Fig. 2) und von einfacherer Construction aufgestellt, als die sind, welche Eisengewicht zu tragen haben. Dieses Gerüst hat sich beim Bau ausserordentlich bewährt und erhält dadurch einen practischen Vorzug, dass dasselbe nach Herstellung der einen Strombreite abgeschlagen und zur Aufrüstung der andern Strombreite verwendet werden kann. Ueber die Holzgitter liegen Querbalken, und auf diesen calibrirte Holzkeile, theils zum Ausrüsten, theils zum Heben und Senken der unmittelbaren Auflager der Gitterrahmen, welche durch gusseiserne hohle Cylinder gebildet werden. Fig. 3 gibt die Anordnung in eine Skizze. Die Vernietung geschieht warm und sind zum Glühendmachen der Nieten auf der Brücke selbst geschlossene Feuer aufgestellt. Um dadurch möglicherweise entstehender Feuersgefahr vorzubeugen, sind stets gefüllte Wassereimer bereitgehalten.

Die Brücke erhält bei ihrer Aufstellung keine Ueberhöhung, sondern wird so zusammengesetzt, dass, auf dem Gerüste aufliegend, noch nicht der Einwirkung des Eigengewichtes ausgesetzt, der untere und der obere Rahmen, und alle damit parallel laufenden Nietenreihen vollkommen horizontale Linien bilden. Da aber beim Aufbringen eines jeden neuen Eisenstückes auf das hölzerne Gerüst, dasselbe durch die Lastvergrösserung sich mehr oder weniger einbiegt, so würde eine solche Aufstellung nur durch ein stetes Nivelliren erreicht werden können. Um dieses zu umgehen, kam folgendes einfache Verfahren in Anwendung:

Die Gitterträger stossen an ihren Enden auf dem mittleren Strompfeiler nicht ganz zusammen, sondern lassen einen Zwischenraum zwischen ihren Längenden. In diesem Zwischenraume ist eine kleine Backsteinmauer bis ungefähr zur halben Höhe des untern Rahmens aufgeführt. Diese Mauer bildet das Fundament für ein gusseisernes Gestell, welches als Lager eines Fernrohres dient. Das Lager ist so adjustirt, dass das Fernrohr eine vollkommen horizontale Visur gibt. Am andern Ende des Gitters, also auf dem Landpfeiler, ist ein ebensolches Gestell, das aber eine Tafel trägt. Diese Tafel fällt genau in die Visur des Fernrohres, und beide Punkte sind unveränderlich fest. Das Fernrohr bildet also

ein unbewegliches Nivellirinstrument. Zwischen beide Punkte wird nun zur Bestimmung der Lage der einzelnen Theile des Unterrahmens und der Nietreihen ein Instrument gebracht, das als eine für diesen speciellen Fall eingerichtete Nivellirplatte angesehen werden kann (Fig. 4). Gebildet wird dieselbe durch einen gusseisernen Rahmen, an welchem sich ein schmiedeisernes Dreieck bewegt, dessen beide Catheten eine Theilung tragen. Der Zeiger zu dieser Theilung befindet sich bei der verticalen Cathete am Rahmen selbst, während er an der horizontalen Cathete sich an der Scheibe befindet, die sich auf derselben bewegt. Diese Scheibe hat dieselbe Grösse und dieselbe Zeichnung, wie die auf dem Fixpunkte. Auf dem Instrument befindet sich eine Libelle zum Horizontalstellen.

Dieses Instrument wird, wie die Figur 4 zeigt, an das Gitter angesetzt und dann das Dreieck und die Scheibe so lange gerückt, bis dieselbe in das Fadenkreuz des Fernrohrs fällt und die andere Scheibe deckt. Durch Ablesen an der Theilung wird man dann die Lage des gesuchten Punktes finden und durch Vergleichung mit der geforderten Lage leicht die Höhendifferenz ermitteln, welche dann durch Antreiben oder Ablassen der Keile ausgeglichen wird. Sobald das Gerüst abgeschlagen, die Gitter an den Pfeilern frei aufliegen und also unter der Einwirkung der eigenen Schwere stehen, kann man leicht die Form der elastischen Linie beobachten, welche die früher horizontalen Gitter dann annehmen.

Während auf der Seite nach Deutz hin die Brücke mit einer Festungsmauer abschliesst, setzt sich dieselbe auf der Cölner Seite in einer kleineren Brücke mit Blechconstruction fort, womit das Rheinwerft überschritten wird. Da die Brücke sehr hoch liegt und bis zum künftigen Personenbahnhof in der Stadt ein bedeutender Fall vorhanden ist, war man genöthigt, das Gefälle schon auf der Brücke beginnen zu lassen; es musste deshalb die Hauptconstruction abgebrochen werden. Diese kleine Werftbrücke, welche in der Breite und der allgemeinen Anordnung ganz der Rheinbrücke folgt, hat zwei Oeffnungen von je 67 Fuss Spannweite. Die doppelspurige Eisenbahn wird von drei Längsträgern getragen, während die Strassenbrücke deren nur zwei hat. Die Blechbarren, welche die Träger bilden, sind 4 Fuss hoch und $\frac{1}{2}$ Zoll im Minimum dick. An den Stellen der stärksten Inanspruchnahme wächst diese Dimension bis auf 2 Zoll. Die Brücke liegt in einem Gefälle von $\frac{1}{100}$. Der Pfeiler steht auf dem Werft und ist aus Basaltquadern in einer Dicke von $3\frac{1}{2}$ Fuss aufgeführt.

Was nun den allgemeinen Eindruck betrifft, den dieses jedenfalls sehr grossartige Bauwerk hervorbringt, so ist darüber schon viel gestritten worden. Durch seine bedeutende Höhe (die untere Kante liegt 50 Fuss über dem niedrigsten Wasserstande) und in gerader Richtung auf den weltberühmten Dom zuführend, imponirt dasselbe unter allen Umständen; auch sind die Verhältnisse der Pfeiler gut gewählt, deren Krönungen den Anblick des Ganzen noch besonders heben werden. Doch in Folge der gekuppelten Gitter hat die Construction jene Durchsichtigkeit verloren, welche die Gitterbrücken so leicht und kühn erscheinen lässt.

Das Werk wird einen gelben Anstrich erhalten, da man beabsichtigt, den Eisentheilen dadurch ein bronceartiges Ansehen zu geben.

Zur Zeit ist die eine Hälfte der Strombreite überbrückt und ausgerüstet, während die andere Stromhälfte in Angriff genommen ist. Da aber von derselben auch die Eisenbahnbrücke schon ihrer Vollendung entgegen geht, so dürfen wir der Fertigstellung des Baues mit Gewissheit im Laufe dieses Jahres entgegensehen.

S.

Mittheilungen über Achsen und Räder für Eisenbahn-Fuhrwerke, mit Benützung des über Eisenbahn-Maschinerie erschienenen Werkes, von D. K. Clark.

(Mit Zeichnung auf Bl. Nr. 21, 22, 23 u. auf Bl. E im Texte.)

Es wird mit diesem Aufsatz nur die Mittheilung von Einem über den obbezeichneten Gegenstand beabsichtigt, eine gründliche und allgemeine Behandlung desselben müsste auch theils allgemein Bekanntes, theils ganz Veraltetes enthalten, würde zu umfangreich werden und eignet sich überhaupt eher für ein grösseres Werk, als zu einem Aufsatz einer Zeitschrift.

Diese Mittheilungen werden erstlich einige specielle Eigenschaften guter Achsen und Räder erwähnen und namentlich solche Eigenschaften, welchen von den Constructeurs oft zu wenig Beachtung zugewendet wird. Es wird sonach die Beschreibung und die bildliche Darstellung mehrerer Achsengattungen, ferner mehrerer Rädergattungen und schliesslich einiger completer Räderpaare sammt den zugehörigen Achsen folgen. Hierbei wird nach Thunlichkeit über jene Gattungen oder über jene Exemplare Specielleres mitgetheilt werden, welche weniger bekannt sind, oder deren Fabrikation in Oesterreich noch nicht einheimisch ist.

Alle Angaben über Maasse und Gewichte werden hierbei nach den in England gebräuchlichen Einheiten geschehen.

Eigenschaften, welche gute Achsen und Räder haben sollen.

Die mit den Achsen und Rädern der Eisenbahn-Fuhrwerke gemachten Erfahrungen und Beobachtungen, um die beste Form und die besten Verhältnisse derselben zu bestimmen, berechtigen zu den nachstehenden Folgerungen:

1. Die nöthigen Verschiedenheiten in den Durchmessern der Achse sollen allmählig und nicht plötzlich, diess ist, nicht mit scharfen Kanten erzielt werden, damit die Elasticität der Achse möglichst gleichförmig sei und die durch die verschiedenartigen Stösse entstehenden Schwingungen nicht unterbrochen werden.

Diese Eigenschaft fördert vorzüglich die Dauerhaftigkeit der Achse, indem jeder kantige Ausschnitt, Absatz oder Hals als ein beginnender Bruch zu betrachten ist.

2. Der Körper des Rades soll einen gewissen Grad von Elasticität besitzen, um die nachtheiligen Folgen der in radialer Richtung wirkenden Stösse zu vermindern. Diese Eigenschaft besitzen vorzugsweise die Räder mit Holzfüllungen.

3. Der Körper des Rades soll hinsichtlich der Form und der Festigkeit unabhängig vom Tire sein, so dass derselbe, bei was immer für einer Eigenschaft des Tire's, unveränderlich bleibe.

Aus diesem Grunde sollen die Speichenräder genügend viele Speichen haben, damit der Radkranz möglichst unbiegsam werde. Ein 3 Fuss grosses Rad soll mit mindestens acht Speichen versehen sein. Es sind auch aus diesem Grunde die Scheibenräder den Speichenrädern vorzuziehen, weil sie dem Tire eine ununterbrochene, gleichförmige Unterstützung darbieten.

4. Der Tire oder der sich abnützende Theil des Rades und der Radkörper sollen nicht aus einem Stück gefertigt sein, damit der eher unbrauchbar werdende Tire leicht und schnell durch einen neuen ersetzt werden kann, und die Verbindung beider soll nicht an einzelnen, weit von einander entfernten Punkten geschehen, sondern beide sollen ununterbrochen und solid mit einander verbunden sein, damit durch einen Bruch des Tire's kein Unglück entstehe.

5. Der Tire soll, insoweit als es ausführbar ist, ein steifer Ring sein und selbst nach starker Abnutzung seine Form beibehalten.

Diese Eigenschaften sind mit Berücksichtigung der bestehenden Praxis aufgestellt. Bei einem vollkommenen System sollten die Räder lose, d. i., drehbar auf den Achsen sein.

Die nachfolgenden Zeilen und die sich hierauf beziehenden bildlichen Darstellungen werden den über diesen Gegenstand gemachten Fortgang der Erfindungen und Erfahrungen theilweise darthun.

Achsen.

Die zunächst folgenden Mittheilungen beziehen sich vorzugsweise auf solche Achsen, welche auf den englischen Eisenbahnen angewendet wurden und es werden der speciellen Beschreibung der einzelnen Exemplare auch einige allgemeine Erfahrungen oder Ansichten beigelegt werden.

1. Exemplar. — Das auf Blatt Nr. 21 durch die Figur 1 dargestellte erste Exemplar zeigt eine nach Herrn Bury's Angaben construirte Achse. Derartige Achsen wurden auf der London-Birmingham Eisenbahn während einiger Zeit ausschliesslich verwendet; dieselben haben sich jedoch nicht bewährt, indem eine grosse Anzahl hiervon nach kurzer Benützung an der inneren Seite der einen oder der anderen Radnabe brach, wovon die Form der Achse, insbesondere die bedeutenden kantigen Absätze, die Ursache war.

2. Exemplar. — Die Figur 2 auf Blatt Nr. 21 gibt die Darstellung eines zweiten Exemplares. Bei dieser Achse endet der Theil innerhalb der Räder, statt mit einem rechtwinkligen Absatz mit einer Schräge von 45 Graden. Diese Achsen bewährten sich besser als die ersterwähnten.

3. Exemplar. — Das dritte Exemplar, welches die Figur 3 auf Blatt Nr. 21 darstellt, ist eine nach Herrn Henson's Erfahrungen construirte Achse. Bei der Construction derselben handelte es sich insbesondere um die Ersetzung der nach Herrn Bury's Angaben ausgeführten und auf der London-Birmingham Eisenbahn verwendeten Achsen (siehe das 1. Exemplar), welche Aufgabe hiermit für alle Lastwagen dieser Bahn, wofür die Ersetzung am nöthigsten war, ganz befriedigend gelöst wurde. Die Achsen nach der Construction des Herrn Henson haben an den inneren Enden der Naben sanft geformt, ziemlich lange Hohlkehlen, so dass die $4\frac{1}{2}$ Zoll grossen

Durchmesser der Achse bei den Nabenenden sich auf $4\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser hinter denselben vergrössern; diese Durchmesser verjüngen sich gegen die Mitte von $4\frac{1}{2}$ bis auf $3\frac{1}{2}$ Zoll. Diese Verjüngung macht die Achse leichter, ohne die in Anspruch genommene Stärke derselben zu vermindern, welches Letztere mehrfach constatirte Erfahrungen darthun; die Achse erhält ferner durch diese Verjüngung eine entsprechende Elasticität, wodurch die Wirkungen der Stösse gleichmässig vertheilt werden. Die cylindrischen Hälse der Achse haben jeder 3 Zoll im Durchmesser und eine Länge von 6 Zoll; die Achse hat ferner an jedem Ende einen cylindrischen Ansatz von 4 Zoll im Durchmesser und $\frac{1}{2}$ Zoll Länge, dessen Kanten abgerundet sind. Diess ist eine practisch vollkommene Achse und deren Benützung hat Proben ihrer grossen Dauerhaftigkeit gegeben.

4. Exemplar. — Ein viertes Exemplar zeigt die Figur 4 auf Blatt Nr. 21.

Um das Seitenspiel der Achsen in den Lagerschalen, welches gewöhnlich durch eine Abnutzung der Schalenenden entsteht, zu verhindern, hat Herr Brunnel, statt der üblichen Hohlkehlen die Enden des Achsenhalses conisch gemacht und auch der Lagerschale eine gleiche Form gegeben, indem er der Ansicht war, dass sich sonach die der Reibung ausgesetzten Flächen der Lagerschale gleichmässig abnutzen und mit jenen des Achsenhalses dicht bleiben werden; weil bei dieser Gestaltung die Belastung auf die Lagerschale ähnlich wie auf einen abgestutzten Keil wirkt. Es entstand aber dessenungeachtet zwischen den conischen Reibungsflächen bald ein Spiel. Herr Brunnel verlängerte bei andern Achsen und Lagerschalen die conischen Flächen gegen die Mitte des Halses, so dass nur ein kleiner Theil des letzteren cylindrisch blieb, und liess späterhin auch Achsen machen, deren Hälse aus zwei Conustheilen bestanden. Diese sind unter dem Namen „Doppelconus-Achsen“ bekannt und waren auf der Bristol-Exeter Eisenbahn in Verwendung.

5. Exemplar. — Diese Achsenart mit conisch geformten Halsen erhielt eine weitere Entwicklung durch den Herrn Sturrock. Die Achsenhälse der nach seinen Angaben ausgeführten Achsen bestehen je aus zwei Kegeln und aus einem mittleren, cylindrischen Theil von 1 Zoll Länge. Derartige Achsen sind auf der Great-Northern Eisenbahn in Verwendung und die Figur 5 auf Blatt Nr. 21 gibt eine bildliche Darstellung dieses fünften Exemplares.

Die conische Form wurde, wie bereits erwähnt, den Achsenhälsen gegeben, damit kein Seitenspiel der Achse in den Lagerschalen entstehen könne; dieser Zweck wurde jedoch nicht erreicht und die nachfolgenden Zeilen werden die Ursache dieses Misslingens erklären.

Bei den Achsen mit kurzen und stark geneigten conischen Halsenden sind die conischen Reibungsflächen, im Verhältniss zu den cylindrischen, zu klein und es nützen sich somit die Conuse der Lagerschale schneller, als der cylindrische Theil derselben ab. Bei den Achsen mit langen und wenig geneigten conischen Halsen ist die Schräge der Conuse zu gering, um selbst in gutem, unabgenützten Zustande Oscillationen der Achse, beziehungsweise des Wagens, zu verhindern.

Es nützen sich nämlich die stark geneigten Conuse der Lagerschalen zu bald ab und die schwachgeneigten Conuse

bieten gegen Seitenschwankungen keinen genügenden Widerstand, so, dass jeder Stoss ein Aufsteigen und beziehungsweise ein Abgleiten der conischen Reibungsflächen bewirken kann.

Dieses Letztere, wodurch sich die der Reibung ausgesetzten Bestandtheile bei den stattfindenden Seitenschwankungen bisweilen klemmen, ist auch die Ursache, dass sich die Achsen mit doppelt-conischen Hälsen eher erhitzen, als die mit cylindrischen Hälsen. Es waren auf der Bristol-Exeter Eisenbahn Achsen mit doppelt-conischen Hälsen und Achsen mit cylindrischen Hälsen in gleichzeitiger Verwendung, und es liefen verhältnissmässig bei weitem mehr Achsen der ersteren Gattung heiss, so, dass der dortige Wagen-Superintendent, Herr Bridges, es vorthellhaft fand, die doppelt-conischen Achsenhälse cylindrisch abdrehen zu lassen.

6. Exemplar. — Eine Modification der theilweise conisch geformten Achsenhälse zeigt das durch die Figur 6 auf Blatt Nr. 21 dargestellte sechste Exemplar, welches sich von dem obbeschriebenen vierten Exemplar nur dadurch unterscheidet, dass in der Mitte des Achsenhalses ein besonderer, theils cylindrisch, theils conisch geformter Ansatz angebracht ist, welchen die ähnlich geformte Lagerschale nur an den conischen Flächen berührt. Dieser Ansatz soll den Conusen an den Enden des Halses helfen, ein Seitenspiel der Achse zu verhindern; es sind jedoch keine Erfahrungen bekannt, ob diese Beihilfe eine dauernde Verhinderung des Seitenspieles bewirkt.

Nach der Ansicht des Herrn W. A. Adams ist die grossentheils angewendete cylindrische Form der Achsenhälse jeder anderen vorzuziehen.

Die Dimensionen der cylindrischen Achsenhälse wurden successive, von 5 Zoll Länge und $2\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser, auf 8 oder 9 Zoll Länge und 3 Zoll im Durchmesser vergrössert, um bei gleicher oder geringerer Abnützung eine grössere Belastung thunlich zu machen. Es scheint übrigens, dass für einen 8 Zoll langen Achsenhals ein Durchmesser von $3\frac{1}{2}$ Zoll mehr angemessen sei, als ein solcher von 3 Zoll.

Herr W. B. Adams war der erste, welcher von den alt bestehenden Dimensionen, nämlich: 5 Zoll Länge und $2\frac{1}{2}$ bis $2\frac{3}{4}$ Zoll Durchmesser abging; er vergrösserte diese Maasse auf 6 und auf 3 Zoll, und obwohl viele der sonst maassgebenden Stimmen dagegen waren, fanden Achsen mit diesen letzteren Dimensionen eine sehr allgemeine Anwendung.

7. Exemplar. — Das durch die Figur 7 auf Blatt Nr. 21 dargestellte siebente Exemplar zeigt eine Achse, welche nach D. K. Clark's Angaben construirt ist. Derartige Achsen sind auf der Great-North of Scotland Eisenbahn für Personen- und für Lastwagen im Gebrauche, und haben in und zwischen den Radnaben die gleiche Form und die gleichen Dimensionen, wie die nach Herrn Henson's Angaben für die London-Birmingham Eisenbahn ausgeführten Achsen (siehe das 3. Exemplar). Ausserhalb der Radnaben ist der Schaft dieses siebenten Exemplares etwas mehr als gewöhnlich, und zwar nach Herrn W. B. Adams Erfahrungen um einige Zoll verlängert, welche Verlängerungen sich gegen aussen um $\frac{1}{2}$ Zoll verjüngen, so dass der äusserste Durchmesser des Schaftes um $\frac{1}{2}$ Zoll kleiner ist als der Durchmesser am äusseren Ende der

Radnabe. Diese conischen Verlängerungen erhöhen die Elasticität der Achse, was für deren Dauer förderlich ist, und bieten genügenden Raum zur Anbringung einer guten Dichtung der Achsenbüchsen. Die Hälse dieses siebenten Exemplares haben 8 Zoll Länge und $3\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser; die Entfernung der Hälse, von Mitte zu Mitte gemessen, beträgt 6 Fuss 8 Zoll und die ganze Länge des Achsenschaftes beträgt 6 Fuss. Die cylindrischen Endansätze der Achse sind statt $\frac{1}{2}$ Zoll, wie diess bisher gebräuchlich war, $\frac{3}{8}$ Zoll lang gemacht, damit sie der Abnützung länger widerstehen; die Endflächen der Achse sind eben abgedreht. Die Gesammtlänge der Achse beträgt demnach 7 Fuss $5\frac{1}{2}$ Zoll. Diese Achsen ertragen, bei Verwendung guter Tragfedern, eine Maximalbelastung von 5 Tonnen (90 Wiener Zentnern) und es kommt demnach auf jeden Achsenhals ein Gewicht von $2\frac{1}{2}$ Tonnen.

8. Exemplar. — Das durch die Figur 8 auf Blatt Nr. 21 dargestellte achte Exemplar zeigt eine Hohlachse.

Die Anwendung hohler Achsen für die Fahrbetriebsmittel der Eisenbahnen wurde schon vor langer Zeit angestrichen und geschah auch gelegentlich.

Seit einiger Zeit hat die Patent-Shaft et Axletree Comp. eine ausgedehnte Fabrication der Hohlachsen unternommen, welche nach dem System ihres Ingenieurs ausgeführt werden. Es werden nämlich die hohlen Achsenprügel, ähnlich wie die Lütticher Gewehrläufe, durch das Walzen über einen Dorn erzeugt, die Hälse werden sonach in der Schmiede zwischen Gesenke geformt und alsdann die Achse theilweise abgedreht.

Das Gewicht der Hohlachsen beträgt gewöhnlich zwei Drittel des Gewichtes der gleich grossen Vollachsen.

Die Hohlachsen sind ohne Zweifel geeigneter, den Wirkungen der Torsion, welche bei der Verwendung fixer Räder immer stattfindet, zu widerstehen, als die Vollachsen. Im Allgemeinen sind jedoch die über die gewalzten Hohlachsen erlangten Erfahrungen nicht günstig; dieselben brechen gewöhnlich nach kurzer, d. i. schon nach drei- oder vierjähriger Benützung und es scheint, dass die Art der Fabrication, wobei das an und für sich schlechte englische Eisen zu wenig bearbeitet und zu wenig verbessert wird, die Hauptursache dieser grossen Gebrechlichkeit sei. Wären die hohlen Achsenprügel, statt über einen Dorn gewalzt, über einen Dorn geschmiedet, so würde das Material derselben compacter sein, die Schweissung wäre vollendeter und die Dauer der geschmiedeten Hohlachsen würde sicher die der Vollachsen übertreffen, welches Letztere durch die ausgezeichnete Verwendbarkeit der geschmiedeten hohlen Triebachsen der Dampfschiffe theilweise constatirt wird. Bei der Adoptirung dieser letzteren Erzeugungsart für Eisenbahn-Achsen wären jedoch die hiermit erreichten Vortheile nicht im Einklange mit den bedeutenden Erzeugungskosten. Die geschmiedeten hohlen Achsen werden bei den Schiffsmaschinen hauptsächlich des geringeren Gewichtes wegen verwendet, damit der Tiefgang des Schiffes möglichst klein werde; eine Gewichtsverminderung der Eisenbahn-Achsen ist jedoch, abgesehen von den Materialskosten, von geringem Belange; indem hierdurch grossentheils nur die rollende, nicht aber die für die erforderliche Zugkraft bedeutendere Zapfenreibung vermindert würde.

Es wird dem regen Erfindungsgeist eines Tages auch die Anwendung loser Räder für Eisenbahn-Fuhrwerke gelingen, wodurch die Wirkungen der Torsion nahezu beseitigt würden und womit auch der einzige practische Vortheil, welchen die Hohlachsen über die Vollachsen nun noch besitzen, verschwinden wird.

Seit einigen Jahren werden auf mehreren Eisenbahnen versuchsweise Gussstahl-Achsen benützt.

Durch die Verwendung des Gussstahles für Achsen, d. i. durch die Verwendung eines sehr compacten Materials, soll, bei kleineren Stärke-Dimensionen der Achse, eine grössere Dauerhaftigkeit derselben erzielt werden, und da durch eine Verminderung des Zapfendurchmessers, bei sonst gleichen Umständen, als Belastung, Grösse des Rades etc., die Zapfenreibung vermindert wird und somit eine kleinere Zugkraft genügt, so verdient die Verwendung des Gussstahles für Achsen, insbesondere für Wagenachsen, die volle Beachtung der Bahnverwaltungen und es wäre sehr zu wünschen, dass auch eine längere Erfahrung die angeblichen Vortheile dieser Achsen bestätige.

Die Ursache der bisher nur beschränkten Anwendung der Gussstahl-Achsen ist grossentheils der überspannte Preis derselben, welcher doppelt so hoch, als der der eisernen Bündel-Achsen ist und sich so hoch erhält, weil bisher die Erzeugung der Gussstahl-Achsen nur in sehr wenigen Stahl-fabriken geschieht.

Es scheint übrigens, dass die nicht gehärteten Gussstahl-Achsen den Vorzug vor den gehärteten verdienen, indem die letzteren zu spröde sind.

Vor einigen Jahren wurden in dem Eisenwerke der Herren Thorneycroft & Co. in Wolverhampton die sogenannten Compound Axles (zusammengesetzte Achsen) nach Bigg's Patent erzeugt, welche aus einem cylindrischen Kern und aus einer rohrähnlichen Hülle bestehen. Es werden zwei halbkreisförmige Hohlcyylinder (Skelps) gemacht (Fig. 1 Bl. E im Texte), beide erhitzt und über eine nicht erhitzte Eisenstange gewalzt, welche 2 bis 3 Zoll im Durchmesser und eine der zu fertigenden Achse gleiche Länge hat. Bei diesem Walzen schweisst die Hülle mit der innern Stange nicht zusammen, weil die Letztere, wie bereits erwähnt, nicht erhitzt wurde, und es wird nachträglich in der Schmiede diese Schweissung nur an den Achsenhälsen ausgeführt.

Bei diesen derart gefertigten Achsen bildet die mittlere Kernstange ein Spaniband, welches bei einem Bruch der Hülle nicht bricht, was mehrmals und insbesondere durch ein Exemplar (Fig. 2, Bl. E), welches in der allgemeinen Londoner Industrie-Ausstellung zu sehen war, constatirt wurde.

Es wird nun noch Einiges über die Fabrication der schmiedeisernen Achsen für Wagen und der schmiedeisernen Kurbelachsen für Locomotiv-Maschinen mitgetheilt werden.

Obgleich die Fabrication der Achsen mittelst Hämmer viel kostspieliger ist, als die mittelst Hämmer und Walzen

oder mittelst Luppenmühlen und Walzen, so verdient die erstere doch bei weitem den Vorzug, indem hiebei das Material viel besser bearbeitet, besser zusammengeschweisst und compacter wird.

Zur Achsenerzeugung soll nur vorzügliches Raffinage-Eisen (fine metal) verwendet werden. Die Bearbeitung der Luppen geschieht in den hiefür vorzugsweise eingerichteten englischen Werken mittelst 6—7 Tonnen schwerer T Hämmer (Fig. 3, Bl. E), welche je drei verschieden hohe Flächen *ab*, *cd* und *ef* haben, wovon die letzte kreisförmig ist. Die Luppe wird anfänglich unter der Fläche *cd* flachgeschlagen, hierauf unter der Fläche *ab* in aufrechter Stellung bearbeitet und kommt sonach unter die Fläche *ef*, während eine andere Luppe wieder unter die Fläche *cd* gelegt wird. Die Arbeit geht bei dieser Methode schneller vorwärts, als bei dem gewöhnlichen Hämmern und es geschieht kein Schlag unnützer Weise direct auf den Ambos.

Die so erzeugten Platten (Millbars) sind 12 bis 15 Zoll lang, eben so breit und 1½ bis 2 Zoll dick. Jede dieser Platten wird durch 6 bis 10 Zentner schwere Fallklötze in 6 bis 8 Stücke zerbrochen; diese Fallklötze werden durch einen gemeinschaftlichen Mechanismus betrieben und die Platten oder die noch zu grossen Stücke derselben werden mittelst Dräthe oder mittelst dünner Eisenstäbe immer wieder unter die Fallklötze gebracht, und dies, ohne den Betrieb der letzteren zu hemmen, so lange wiederholt, bis jede Platte in 6 bis 8 Stücke zerbrochen. Diese Stücke werden über- und nebeneinander in fünf Reihen zu Packeten geschichtet und auch etwa vorhandene Abfälle, als Dreh- und Hobelspäne, beigegeben. Die Packete werden in einem Schweissofen erhitzt; je zwei, kurz nach einander herausgenommen, und nachdem jedes einige Schläge unter dem T Hammer erhielt, werden beide zusammengeschweisst und derart bearbeitet, dass ein Klotz von 4 bis 5 Zoll Höhe, 8 bis 10 Zoll Breite und 20 bis 24 Zoll Länge entsteht. Für eine der gewöhnlichen Spurweite entsprechende Achse sind zwei solche Klötze, für eine der breiten Spurweite (der Great-Western oder der russischen Bahnen) entsprechende Achse sind jedoch drei solche Klötze erforderlich. Die weitere Fabrication besteht in dem Zusammenschweissen zweier oder dreier Klötze, was unter einem 4 Tonnen schweren Dampfhammer geschieht, wodurch ein Eisenstück von der zwei- oder der dreifachen Höhe der ob erwähnten Klötze entsteht, welches unter dem Hammer zu einer Stange von quadratischem und sonach von achteckigem Querschnitt ausgedehnt wird. Nach wiederholtem Erhitzen wird diese achteckige, circa 6 Zoll dicke Stange unter einem 2½ Tonnen schweren Dampfhammer rund gemacht und unter diesem zur geeigneten Länge an beiden Enden abgeschnitten. Dieser 2½ Tonnen schwere Hammer, so wie der zugehörige Ambos (Fig. 4, Bl. E) haben je drei halbkreisförmige Ausschnitte, wovon zwei cylindrisch sind; der dritte Ausschnitt, welcher zur Fertigung der Hälsen dient, ist entweder doppelt conisch oder cylindrisch mit abgerundeten Enden, je nachdem die hiermit zu fertigenden Achsen die eine oder die andere Form der Hälsen haben sollen.

Es muss überhaupt getrachtet werden, den Achsen und insbesondere den Zapfen schon beim Schmieden unter der

Wirkung des Hammers und durch die Anwendung geeigneter Gesenke, eine Form zu geben, die sich möglichst der definitiven Form nähert; damit auf der Drehbank möglichst wenig von der Kruste, welche die härteste und dauerhafteste Reibungsfläche gibt, wegzunehmen sei.

Die Erzeugungsart der Kurbelachsen für Locomotive-Maschinen geschieht nach verschiedenen Methoden, wovon nachstehend eine vielfältig bewährte mitgetheilt wird.

Es wird nämlich aus vorzüglichem Eisen ein Packet zusammengestellt und mit dünnen Eisenstäben gebunden; die äussere Hülle des Packets besteht gewöhnlich aus vier Eisenplatten, welche den auch bisweilen verwendeten Stahlplatten vorzuziehen sind, weil sich die letzteren bei der Schweissung selten mit dem Eisenkern des Packetes innig vereinen. Das Packet kommt in ein englisches Wärmefeu, auf das von vier oder mindestens von zwei Seiten ein Gebläse wirkt; nachdem die eine Hälfte des Packetes weissglühend ist, wird dieselbe unter einem gewaltigen Dampfhammer bearbeitet, und es geschieht sonach ein Aehnliches mit der anderen Hälfte, so dass hierdurch die Bestandtheile des Packetes zusammengeschweisst werden, und ein länglicher Eisenklotz von achteckigem Querschnitt entsteht. Dieser Klotz, welcher an einem Ende in einer geeigneten Zange eingespannt ist, wird neuerlich erhitzt und achteckig und sonach rund gemacht, wobei derselbe eine etwas grössere Länge als die der zu fertigenden Achse erhält. Die wichtigste Ursache, warum die Achsenprügel länger und zwar um circa 1 Fuss, als die zu fertigende Achse gemacht wird, ist: weil die Enden desselben gewöhnlich nicht gut zusammenschweissen und auch bisweilen verbrennen. Diese circa $\frac{1}{2}$ Fuss langen Enden oder verlornen Köpfe werden, nachdem die Achse adjustirt ist, auf der Drehbank abgeschnitten, wodurch die erstere die gehörige Länge erhält.

Der Achsenprügel wird nun an der Stelle, wo derselbe die eine Kurbel erhalten soll, erhitzt und sonach etwas gestaucht, was mittelst eines kegelförmigen Eisenstückes geschieht; dieses hängt nämlich an einer ziemlich langen Kette und wirkt durch Schwingungen auf ein Ende der Achse, die auf einem Eisenbock aufliegt und mittelst eines Krahnens und mittelst der Zange, in welche sie eingespannt ist, von mehreren Arbeitern geeignet gehalten wird. Durch dieses Stauchen und durch die Beihilfe des Dampfhammers wird der runde Querschnitt des Achsenprügels an der obbezeichneten Stelle in einen nahezu rechteckigen verwandelt. Nach neuerlichem theilweisen Erhitzen wird der Achsenprügel an dieser Stelle derart gehämmert, dass hierdurch der rechteckige Querschnitt in einen nahezu dreieckigen verwandelt wird und die durch die Fig 5, Bl. E dargestellte Gestalt erhält. Es wird nun ein Eisenstück von der durch die Fig. 6 dargestellten Form gebildet und, nach neuerlichem Erhitzen des Achsenprügels und des Eisenstückes, dieses auf die ausgedehnte Stelle des ersteren aufgeschweisst. Nachdem die Zange abgenommen und am anderen Ende des Achsenprügels befestigt wurde, geschieht ein Gleiches an der Stelle, wo die zweite

Kurbel gebildet werden soll. Diese zwei Ansätze werden nach einer und derselben Richtung gemacht und bilden gegeneinander keinen Winkel; da jedoch die Kurbeln einer Achse gegeneinander einen rechten Winkel bilden müssen, so muss entweder einer dieser Ansätze um 90 Grade oder jeder um 45 Grade gedreht werden, was auf folgende Art bewerkstelliget wird.

Es werden vorerst mittelst des Dampfhammers und mittelst eines Durchschlages in diese Ansätze mehrere runde Löcher gemacht, wodurch in jedem Ansatz eine längliche Oeffnung (Fig. 7 Bl. E) entsteht. Hierauf wird die eine Hälfte des Achsenprügels nochmals erhitzt und sonach der erhitzte Ansatz in geneigter Richtung unter einen Dampfhammer gehalten (Fig. 7 und 8) und so lange den Schlägen desselben ausgesetzt, bis die Drehung des Ansatzes, oder eigentlich die Drehung des Achsenprügels bewirkt ist. Um den letzteren in geneigter Richtung zu erhalten, bedient man sich ausser des stets erforderlichen Krahnens einer Eisenstange, welche in die Oeffnung des nicht erhitzten Aufsatzes gesteckt und von mehreren Arbeitern derart gehalten wird, dass der erhitzte Ansatz in geneigter Lage auf dem Ambos aufliegt.

Die weitere Bearbeitung des Achsenprügels kann nur in der kleinen Schmiede geschehen; die zu starken Stellen werden durch geeignetes Abhauen und die zu schwachen Stellen durch geeignetes Anschweissen kleiner Eisenstücke zurecht gemacht und die gewünschte Form mittelst des Hammers und mittelst eigends hierfür gefertigter Auf- und Unterlagen gebildet.

Die Figuren Nr. 9, 10 und 11 stellen die Zange zum Einspannen des Achsenprügels dar, an welche, nach dem Aufschweissen der Kurbeln, drei oder vier Gusscheiben festgemacht werden, die das Gewicht der Kurbeln balanciren; ausserdem sind durch die Figuren Nr. 12, 13, 14, 15, 16 und 17 noch einige für das Schmieden dieser Achsen erforderliche Werkzeuge dargestellt.

Von der kleinen Schmiede kommt die Kurbelachse in die Dreherei, wo sie auf einer geeigneten Drehbank, insoweit es möglich ist, abgedreht wird, was auf folgende Art geschieht:

Die Achse wird concentrisch in die Spitzen der Drehbank eingespannt und auf die Planscheibe der Letzteren oder auf die Achse selbst ein verstellbares Gegengewicht A (Fig. 18, Bl. E) derart befestigt, dass hiermit das Gewicht der beiden Kurbeln equilibriert werde. Es wird ferner an die Achse eine Eisenumfassung angeschraubt, welche von einem in der Planscheibe der Drehbank befestigten Mitnehmer mitgenommen wird und wodurch auch die Achse selbst die drehende Bewegung erhält. Es werden nun die Flächen 1 bis inclusive 8 und nach umgekehrtem Einspannen der Achse, wobei das Gegengewicht A wieder in der Nähe der Planscheibe, und zwar auf die Fläche 5 befestigt wird, die Flächen 9 bis inclusive 11 abgedreht. Beim Abdrehen der conischen Flächen 4 und 10, auf welchen die Räder aufsitzen, bedient man sich, um zu untersuchen ob der Conus vollkommen genau ist, einer gusseisernen Schablone S, welche während des Abdrehens dieser conischen Flächen auf die verlorenen Köpfe K und K' der Achse geschoben wird.

Die Achse wird sonach auf zwei Balken gelegt (Fig. 19, Bl. E) und auf jede der Flächen 1, 2, 3 und 9 (siehe die Fig. 18) ein ziemlich langes Lineal derart befestigt, dass die Kanten der Lineale nahezu in der Mitte dieser Flächen liegen; es werden sonach auf die für die Radnaben bestimmten Flächen 4 und 10 zwei Gussstücke von der durch die Fig. 20 dargestellten Form aufgeschraubt und an jedes ein rechter Winkel (Fig. 21) befestigt. Diese rechten Winkel werden nun mit den correspondirenden Linealen einvisirt, wobei ein geringes Verrücken der einen oder der anderen wird geschehen müssen und es wird sonach wiederholt gemessen, ob die Flächen 1, 2, 3 und 6 (Fig. 18) durch die Kanten der anliegenden Lineale noch nahezu in zwei gleiche Theile getheilt werden; wenn diess nicht wäre, so werden die Gussstücke, woran die Winkellineale festbleiben, etwas gedreht, sonach wieder befestigt und die übrigen Lineale wieder einvisirt und das Verrücken der Gussstücke und der an den Kurbelflächen anliegenden Lineale so lange fortgesetzt, bis Obiges nahezu stattfindet; was, wenn die Achse ordentlich geschmiedet ist bald gelingen wird. Es werden sonach auf den sämtlichen Flächen, an welchen die Lineale und die Winkel anliegen, an deren Kanten Linien gezogen, diese Mittellinien mit einem Körner markirt und die Drehungs-Puncte *C*, *C'* und *D*, *D'* bestimmt, wofür sich am besten messingene Schrauben *C*, *D* eignen.

Die Achse wird sonach auf die Puncte *C* und *C'* aufgespannt, deren Gewicht mittelst Gegengewichte balancirt und es werden, um Vibrationen beim Abdrehen der Achse möglichst zu verhindern, zwischen den Gussstücken und der je abzdrehenden Kurbel, in der Richtung der Spitzen, starke eiserne Stangen mittelst Keile eingepresst. Es werden sonach die Flächen 12, 13 und 14 (Fig. 18) und beim Aufspannen auf die Puncte *D*, *D'* die Flächen 15, 16 und 17 abgedreht. Das Abdrehen der Flächen 14 und 17 geschieht mit einem besonders für diesen Zweck gefertigten Meissel, dessen Schneide genau die Form und die Breite dieser Flächen hat, so dass dieselben abgedreht werden, ohne dass ein Verschieben des Meissels in der Längenrichtung der Drehbank statt findet.

Es werden sonach die Flächen 18, 19, 20 und 21 gemeisselt und gefeilt, wobei die auf den Flächen 1, 2, 3 und 9 markirten Mittellinien maassgebend sind, und nach neuerlichem Aufspannen der Achse auf die Drehbank werden die verlorenen Köpfe theils abgeschnitten, sonach vollends abgemeisselt und die Schnittflächen gefeilt. Das Abschneiden dieser verlorenen Köpfe geschieht erst am Ende der Arbeit, weil sie bisher zum Fassen der Achse dienten, um diese zu heben oder zu bewegen, ohne hierbei die bereits bearbeiteten Theile derselben zu beschädigen.

Räder.

Die Räder für Eisenbahn-Fuhrwerke können in folgende Gattungen eingetheilt werden.

I. Gattung: Gussräder. — Die anfänglich für Eisenbahn-Fuhrwerke verwendeten Räder waren aus Gusseisen gefertigt. Die gusseisernen Räder können zwar der Gestalt nach gut gemacht werden; sie sind aber, wegen der Gebrechlichkeit dieses Materials, stets und insbesondere bei grosser

Geschwindigkeit oder bei kaltem Wetter unsicher und überhaupt von geringer Dauer. Die gleichen Uebelstände finden bei den Schalengussrädern statt, welche sich übrigens auch nicht wohl zum Bremsen eignen und bei geringer ungleichmässiger Abnützung der Spurflächen gänzlich unbrauchbar werden, indem der Radkörper und der sich abnützende Theil des Rades aus einem Stücke bestehen, und weder ein Abdrehen der Spurflächen, noch ein Aufziehen eines besonderen Tire's gut thunlich ist.

II. Gattung: Speichenräder. — Die grösste und allgemeinste Anwendung fanden bisher die Speichenräder, wovon nachfolgend die vorzüglichsten Arten erwähnt werden:

1. Räder mit geschmiedeten Speichen, mit geschmiedetem Radkranz und mit gusseiserner Nabe.

Die Speichen dieser Räder werden aus zwei Theilen (*A* und *B*) gebildet, welche durch die Fig. 22 und 23, Bl. E, dargestellt sind. Das Stück *A* wird aus einer gewalzten vier-eckigen Eisenstange hergestellt, und um das Stück *B* zu fertigen, wird unter dem Dampfhammer ein Körper von der durch die Fig. 24 dargestellten Form *a* geschmiedet, welcher nach wiederholtem Erhitzen in ein gusseisernes Gesenk *b* (Fig. 25) geschlagen wird. Dieses Gesenk ist der grösseren Solidität wegen, und um es leichter handhaben zu können, mit einer Eisenumfassung *c* versehen.

Diese Stücke *A* und *B* werden zu einer Speiche zusammengeschweisst und dem Speichenkopf auf einer gusseisernen Form *d* (Fig. 26) die richtige Krümmung gegeben. Es werden sonach mehrere derart hergestellte Speichen in eine Gussform gelegt, die Nabe aufgegossen und durch das Einschweissen der Eisenkeile *e* (Fig. 27), welche die Speichenköpfe verbinden, der Radkranz ergänzt. Dieser wird sonach abgedreht und ein Tire heiss aufgezogen. Diese Räder sind sehr solid und werden grösstentheils für Locomotive-Maschinen und Tender benützt; deren Verwendung für Eisenbahn-Wagen ist jedoch sehr beschränkt, weil dieselben für diesen Zweck kostspielig sind.

2. Räder mit Speichen und Radkranz aus gewalzten und entsprechend gebogenen Eisenstangen und mit gusseiserner Nabe.

Diese Räder wurden von den Herren Losh und Bell erfunden und von denselben und auch von vielen anderen Constructeurs theils in der ursprünglichen, theils in etwas veränderter oder verbesserter Art auf den meisten Eisenbahnen als Wagen-Räder angewendet. Es folgt weiter unten die Beschreibung eines derartigen nach Herrn D. K. Clark's Erfahrungen verbesserten Exemplares.

Es werden auch ähnliche Räder für Locomotive-Maschinen und für Tender benützt, wobei jedoch die für die Speichen und für den Radkranz verwendeten Walzeisen stärker und mit einer Längenrippe versehen sein müssen, so dass deren Querschnitt einem verkürzten T ähnlich wird. Diese sogenannten Stephenson'schen Räder sind zwar billiger, aber nicht so solid als die obbeschriebenen Räder mit geschmiedeten Speichen und geschmiedetem Radkranz.

3. Speichen-Räder, welche ganz aus Schmiedeisen gefertigt sind.

Diese sind zwar die solidesten Speichenräder, sie werden aber nur ausnahmsweise, allenfalls für Schnellzugs-Maschinen,

angewendet, weil deren Erzeugung zu kostspielig ist. Es wird hierüber weiter unten Näheres mitgeteilt werden.

Bei den Speichenrädern ist im Allgemeinen die Vorsorge für einen genügenden Widerstand gegen das Zusammenziehen der heiss aufgezogenen Tires, sowie die Vorsorge gegen bleibende oder zeitweilige Formveränderungen, die durch die Schienenstösse entstehen können, gewöhnlich ungenügend.

III. Gattung: Holzräder. — Seit einigen Jahren werden auch die sogenannten Block- und Holzscheiben-Räder für Eisenbahn-Wagen, insbesondere für Personen-Wagen angewendet.

Der Körper dieser Räder besteht aus Holzstücken, welche nach verschiedenen Constructions-Arten geformt und vereinigt werden. Das Rad wird je nach der Form dieser Holzstücke ein Block- oder ein Scheiben-Rad genannt; es besteht nämlich der Radkörper des ersteren aus käseförmigen Holzblöcken, und der des letzteren aus Holzsegmenten, die zu einer vollen Scheibe zusammengestellt werden.

Die Holzfüllungen bieten, wenn sie gut construiert und gut gefertigt sind, dem Tire eine unbiegsame und zugleich elastische Unterlage, wodurch die Abnützung desselben geringer, langsamer und gleichmässiger wird und bis auf eine sehr kleine Dicke des Tires geschehen kann. Diese vorzüglichen Eigenschaften besitzt in diesem Grade keine andere der bisher bekannten Rädergattungen.

IV. Gattung: Blechräder. — Eine andere Rädergattung, welche ebenfalls erst seit wenigen Jahren in grösserem Maassstabe in Anwendung kam, bilden die sogenannten Blechräder, welche aus einer Eisenscheibe, aus einer Gussnabe und aus einem Tire von Stahl, Eisen oder Schalenguss bestehen. Diese Rädergattung, wobei der Tire eine ununterbrochene, unbiegsame Unterlage findet, hat sich bisher vorzüglich bewährt und ist auch in pecuniärer Hinsicht vortheilhaft, indem die Herstellung, sowie die Erhaltung dieser Räder noch weniger Kosten, als die der Speichenräder verursacht.

Von diesen oberwähnten Rädergattungen eignen sich, nach den bisher bekannten Erfahrungen und mit Berücksichtigung der Anschaffungs- und der Erhaltungskosten:

die Speichenräder mit geschmiedeten Speichen, geschmiedetem Radkranz und mit gusseiserner Nabe am besten für die gewöhnlichen Locomotive-Maschinen und für die Tender; ferner:

Die Speichenräder, welche ganz aus Schmiedeisen gefertigt sind, eignen sich am besten für die Schnellzugs-Maschinen; ferner:

Die Holzscheiben-Räder eignen sich am besten für die Personen-Wagen; und

die Blechscheiben-Räder eignen sich am besten für die Lastwagen.

Es steht überhaupt zu erwarten, dass die bisher noch am Allgemeinen angewendeten Speichenräder durch vorzüglichere Rädergattungen, welche dem Tire eine vollständigere Unterlage bieten, werden ersetzt werden.

Es folgt zunächst die Beschreibung und Darstellung einiger Exemplare der oberwähnten Rädergattungen, wobei auch Einzelnes über deren Fabrikation mitgeteilt wird.

1. Exemplar. — Das durch die Figuren 9 und 10 auf Blatt Nr. 21 dargestellte erste Exemplar ist ein nach Herrn D. K. Clark's Angaben construiertes Wagenrad von 3 Fuss im Durchmesser, mit acht Speichen und mit einer gusseisernen Nabe. Der Radkranz und die Speichen desselben sind aus 3 Zoll breiten und $\frac{1}{2}$ Zoll dicken, gewalzten Eisenstangen gebildet, welche im heissen Zustande an einer geeigneten gusseisernen Schablone mittelst einer Pressions-Schraube in der Mitte festgehalten und mittelst Hämmer gebogen und nach der Schablone geformt werden.

Die derart gebogenen Stangen werden, wenn die Biegung nicht in einer Ebene geschah, mit einem Hammer auf einer Richtplatte rectificirt.

Es wird diesen Stangen bisweilen eine solche Form gegeben, dass die Theile derselben, welche die Speichen bilden, gegen einander convex sind, damit sie die Wirkung des Zusammenziehens der Tires besser erleiden, obgleich ein gut vereinigter Radkranz selbst genügende Steifheit und Widerstandsfähigkeit gegen diese Wirkung besitzt, welche demnach auf die Speichen gar keinen Einfluss ausüben sollte.

Nachdem diese Eisenstangen, wie oben bemerkt, gebogen und eben gerichtet sind, wird hievon eine der Grösse des Rades entsprechende Anzahl in einer Gussform zusammengestellt und die Nabe aufgegossen. Der Guss soll hiebei nicht dünnflüssig, sondern zähe sein, und es wird zur Erzielung eines auf die Speichenenden wirkenden, grösseren Druckes, ein circa 1 Fuss hoher, besonderer Aufguss gemacht, welcher der verlorene Kopf genannt, und welcher auf der Drehbank sonach abgeschnitten wird.

Durch diesen Aufguss, beziehungsweise durch den grösseren Druck auf die Speichenenden, wird eine viel bessere Vereinigung derselben mit der Nabe bewirkt, ohne dass hiedurch wesentliche Arbeitskosten verursacht werden. Um eine noch innigere Vereinigung der Nabe mit den Speichenenden zu erreichen, werden diese letzteren auch durchlocht und verzinkt oder gefeilt.

Nach dem Aufgiessen der Nabe werden in die Winkel am Radkranz, welche die gebogenen Eisenstangen, bilden, gewalzte und in geeigneter Länge geschnittene Keile, oder geschmiedete Keile eingeschweisst, wodurch der Radstern besser vereinigt und insbesondere der Radkranz vollständiger wird. Zum gleichen Zweck werden auch die Speichentheile mittelst Nieten verbunden.

Es werden sonach die Seitenflächen des Radkranzes und die äussere Peripherie desselben abgedreht, d. i. zur Aufnahme des Tires hergerichtet; der letztere wird ebenfalls auf einem den Schienen entsprechenden Querschnitt abgedreht und derart ausgebohrt, dass eine $\frac{1}{4}$ zöllige Vertiefung, welche die Breite des Radkranzes hat, entsteht. Der innere Durchmesser dieser vertieften, cylindrischen Fläche ist um $\frac{1}{4}$ Zoll kleiner, als der äussere Durchmesser des Radkranzes. Diese Differenz ist genügend, um zu bewirken, dass sich der beim Aufziehen heisse und hiedurch ausgedehnte Tire, durch das beim Erkalten entstehende Bestreben des Zusammenziehens fest an den Radkranz presst. Die in dem Tire gemachte Vertiefung verhindert jedes Seitenspiel desselben auf dem Radkranz, welcher ausserdem, um eine noch grössere Solidität zu erreichen,

mit dem ersteren durch vier $\frac{1}{4}$ Zoll starke Bolzen verbunden wird. Die in den Tire kommenden Enden dieser Bolzen sind conisch bis auf $\frac{1}{4}$ Zoll verstärkt, damit deren Haltbarkeit durch eine Verkürzung derselben, welche bei der Abnützung und beim Abdrehen des Tire's statt hat, nicht beeinträchtigt werde. Die andern Enden dieser Bolzen werden heiss vernietet, so dass die Nietenköpfe auf der inneren Fläche des Radkranzes aufsitzen.

Die Spurweite eines derartigen Räderpaares beträgt 4 Fuss $5\frac{1}{2}$ Zoll, und da die Geleis-Weite 4 Fuss 6 Zoll beträgt, so bleibt zwischen den Spurkränzen und den Schienen ein Spielraum von $\frac{1}{2}$ Zoll, oder bei jedem Rad ein Spiel von $\frac{1}{4}$ Zoll. Der Tire ist 5 Zoll breit, der mittlere Theil desselben cylindrisch auf $1\frac{1}{2}$ Zoll Dicke und der äussere Theil desselben conisch, und zwar soweit auf einem Conus von $\frac{1}{16}$ abgedreht, dass die Verjüngung $\frac{1}{2}$ Zoll beträgt. Die Nabe ist eben gemacht und hat keine der vorspringenden, zwecklosen Ausladungen; sie ist 7 Zoll lang, 11 Zoll im Durchmesser und für die Achse passend ausgebohrt. Jedes Rad wird an die Achse (Vergl. 7. Exemplar) mittelst eines Stahlkeiles fixirt, welcher $\frac{3}{4}$ Zoll breit und $\frac{1}{2}$ Zoll dick ist, wovon $\frac{1}{4}$ in die Achse kommt.

2. Exemplar. Das durch die Figuren 11 und 12 auf Blatt Nr. 21 dargestellte zweite Exemplar ist ein ganz aus Schmiedeisen gefertigtes Locomotive-Trieb- oder Kuppel-Rad von $4\frac{3}{4}$ Fuss im Durchmesser, mit 14 Speichen.

Die Herstellung dieses Exemplares kann auf folgende Art geschehen:

Es werden zwei entsprechend grosse Eisenstücke heiss gemacht und succesiv in ein Gesenk, von der durch die Fig. 28 und 29 auf Blatt E dargestellten Form, geschlagen; nach neuerlichem Erhitzen wird in jedes der derart geformten Eisenstücke, in der Mitte derselben, mittelst eines Durchschlages und mittelst des Dampfhammers ein Loch gemacht und es werden nach wiederholtem Erhitzen beide Eisenstücke an deren flachen Seiten zusammengeschweisst, wodurch die Nabe entsteht.

Die Speichen werden ähnlich, wie bereits oben beschrieben, aus zwei Stücken geschmiedet und die Enden derselben in die beiderseitigen Vertiefungen der Radnabe eingeschweisst; die Köpfe der Speichen werden durch das Einschweissen von Eisenkeilen vereinigt und hiedurch der Radkranz hergestellt.

Diese Schmiede-Arbeit kann auch auf folgende Weise geschehen:

Es werden Speichen (S) von der durch die Fig. 30 u. 31 (Blatt E) dargestellten Form gebildet. Die Köpfe dieser Speichen werden, wie bereits oben beschrieben, in einem hierfür geeigneten Gesenk hergestellt, und die keilartige Form der Enden wird am gleichmässigsten und zugleich am einfachsten unter einem Dampfhammer, durch die Beihilfe einer entsprechend keilförmigen Unterlage, erhalten. (Fig. 32, Blatt E.)

Es wird eine geeignete Anzahl derartiger Speichen (S) in einem eisernen Ring (R) genau radial zusammengestellt und fest eingespannt. (Fig. 33, Blatt E.)

Um die Radnabe zu bilden, werden in einem Gesenke G (Fig. 34, Blatt E) successive zwei, theils cylindrisch theils conisch begrenzte Eisenscheiben E unter einem Dampfhammer geschmiedet und sonach in jede Scheibe mittelst eines

Durchschlages, in der Mitte derselben, ein Loch gemacht. Es werden nun diese Scheiben und die Enden der in dem Ringe eingespannten Speichen über drei Feuer gleichzeitig weissglühend gemacht und alle diese Bestandtheile auf einmal zusammengeschweisst. (Fig. 35, Blatt E.) Der Radkranz wird ebenfalls durch das Einschweissen von Eisenkeilen an beiden Seiten der Speichenköpfe vervollständigt.

Diese letztere Schmiedemethode wird auch in der bei P. Dupont in Paris im Jahre 1851 erschienenen Ausgabe des Führers für Mechaniker beschrieben und anempfohlen.

Das Rad wird sonach abgedreht, erhält einen Tire, wird gebohrt, gemeisselt, gefeilt und angestrichen.

3. Exemplar. Das durch die Figuren 13, 14, 15 und 16 auf Blatt Nr. 21 dargestellte dritte Exemplar ist ein nach Wharton's Patent construirtes Blockrad, wie solche in der Fabrik des Hrn. J. Wright in Birmingham ausgeführt und auf der Nord-Western Eisenbahn verwendet werden.

Dieses Rad besteht aus einer gusseisernen Nabe, aus mehreren abgerundeten Holzstücken, aus einer besonderen Eisenumfassung, ferner aus einem Tire und aus mehreren kleinen Verbindungs-Bestandtheilen.

Die gusseiserne Radnabe (A) ist aus zwei Theilen zusammengesetzt, welche mittelst der Schrauben-Bolzen (E) miteinander und mit den, die Nabe umschliessenden Holzstücken (D) vereinigt werden. Diese Letzteren werden ausserdem durch die in radialen Richtungen angebrachten Schrauben-Bolzen (C), welche auf die gusseisernen Keile (K) wirken, gegen einander und gegen die Nabe gepresst, und durch die Vereinigung dieser Bestandtheile der Radkörper gebildet.

Bevor jedoch diese Vereinigung stattfinden kann, müssen die zu verbindenden Bestandtheile gehörig bearbeitet werden; diese Arbeiten sind der Hauptsache nach Folgende:

Es werden auf einer Drehbank kreisrunde Holzscheiben gefertigt und in diese Scheiben die Oeffnungen I und G gebohrt; es werden ferner jene Flächen der Nabe, auf welche diese Scheiben aufzuliegen kommen, passend abgedreht, in die Nabe die Oeffnungen C gebohrt und überhaupt alle Berührungsflächen, sowie die Verbindungs-Bolzen geeignet bearbeitet.

Nach der Vereinigung der Nabentheile mit diesen käseförmigen Holzscheiben werden diese Bestandtheile auf eine Drehbank gespannt und von der Scheibe so viel weggenommen, dass sie die in der Zeichnung dargestellte Blockform (B) erhalten, wodurch sie geeignet werden, eine Eisenumfassung (B) und einen Tire F zu empfangen. Diese Eisenumfassung umschliesst die Holzblöcke bis auf einen Abstand von circa einen Zoll und hat zwei Längenansätze, in welche die letzteren passen, da die Entfernung dieser Ansätze der Dicke der Holzblöcke gleich ist. Die Enden der Eisenumfassung (B) werden mit Holzschrauben an einem der Holzblöcke befestigt und der Tire sonach heiss aufgezogen. Dieser und die Eisenumfassung sind ferner mit den Holzstücken (D) mittelst der Bolzen G vereinigt, welche den Tire und die Eisenumfassung durchdringen und je einen Holzblock zur Hälfte passiren. Diese Bolzen (G) haben an den äusseren Enden conisch-geformte Köpfe und an den inneren Enden längliche Oeffnungen für Befestigungskeile, welche auf den kleinen, in die concentrischen Oeffnungen der Holzblöcke eingetriebenen Eisenringen (H) aufliegen.

Nach dem Aufziehen des Tires werden sämtliche Schraubenmuttern wiederholt angezogen, sämtliche Keile wiederholt eingetrieben und das Rad durch das Ausbohren der Nabe und durch das Abdrehen des Tires vollendet.

Derartige nach Wharton's Patent ausgeführte Räder sollen im Vergleich mit andern Holzrädern den besondern Vortheil haben, dass ein durch allfälliges Einschrumpfen der Holzblöcke entstehendes Spiel leicht zu beseitigen ist; indem die Schrauben wieder fest angezogen und die Keile wieder eingetrieben werden. Diese Räder sind jedoch aus zu vielen Stücken zusammengesetzt, die Construction derselben überhaupt zu complicirt und dieselben gewähren dessenungeachtet den oberwähnten Vortheil nicht in vollständiger Weise.

Eine Rädergarnitur, nämlich vier, drei Fuss grose Räder, sammt den zugehörigen zwei Achsen, liefert der obbenannte Fabrikant zu dem Preis von 29 Pfd. St. und ohne Achsen kostet die Rädergarnitur 21 Pfd. St.

4. Exemplar. Das durch die Figuren 17 und 18 auf Blatt Nr. 21 dargestellte vierte Exemplar zeigt ein nach J. Beattie's Patent construirte Holzscheibenrad, wie solche in den Old Park Eisen-Werken der Herrn Lloyd, Foster & Co. in Wednesburg, Staffordshire ausgeführt und auf der London & South Western Eisenbahn verwendet werden.

Die Radnabe (A) ist aus Gusseisen, hat eine sternähnliche Form und ist von mehreren Holzsegmenten (B) umgeben; diese letzteren sind für die Nabe passend gefertigt, wobei zugleich auf die Richtung der Fasern Rücksicht genommen wird, welche beziehungsweise des zu bildenden Rades radial sein sollen. Um eine unmittelbare Berührung der Stirnfläche dieser Holzsegmente mit der Gussnabe zu vermeiden, wodurch das Hirnholz bald Schaden leiden würde, werden die Holzkeile (C), deren Fasern senkrecht auf die Kreisfläche des Rades sind, zwischen die Segmente (B) und die Nabe (A) eingetrieben.

Nach erfolgter Zusammenstellung der Segmente (B) und nach erfolgtem Eintreiben der Keile (C) werden die ersteren durch eine gleichmässige, in radialen Richtungen wirkende Kraft zusammengepresst. Dieses geschieht mittelst einer hydraulischen Hilfsmaschine, welche durch die Fig. 21 auf Blatt Nr. 22 dargestellt ist. Diese Maschine besteht aus 16 Cylindern die aus Eisen gegossen und an eine ringförmige, gusseiserne Unterlagsplatte, mittelst Schrauben, befestigt sind. Jeder dieser 16 Cylinder ist mit einem Kolben und einer Kolbenstange versehen; die Dichtung dieser Kolben geschieht mittelst Lederringe. In sämtliche Cylinder mündet eine ringförmige Gussröhre, welche, mittelst einer Zuleitung, mit einer hydraulischen Pumpe in Verbindung steht. Wenn diese letztere in Wirksamkeit gesetzt wird, so soll der hiedurch auf jedes Holzsegment ausgeübte Druck 5 bis 6 Tonnen betragen.

Nach erlangter höchster Pressung werden, während Beibehaltung derselben, schwalbenschweiförmige Holzkeile (G) zwischen die Segmente und in die hierfür bestimmten Einkerbungen der Nabe eingetrieben, wodurch ein Auseinandergehen der Segmente, nach der Aufhebung des hydraulischen Druckes verhindert wird.

Der Radkörper wird sonach aus der Hilfsmaschine genommen, auf einer Drehbank abgedreht und empfängt einen

dünnen Blechring (D), welcher etwas heiss aufgezogen und sonach schnell abgekühlt wird. Dieser Blechring soll das Holz gegen eine Verkohlung schützen, die durch das heisse Aufziehen der stärkeren Eisen-Umfassungen geschehen könnte. Diese Umfassungen bestehen in einem Sicherheitsreif (E) und in einem Eisen-Tire (F), welche beide in ähnlicher Weise wie der Blechring (D) aufgezogen werden. Der Sicherheitsreif (E) hat eine einem Spurkranz ähnliche Wulst und soll, bei allfällig stattfindendem Abspringen des Tires die Entgleisung des Rades verhüten. Dieser Reif hat ferner zwei ringförmige Längenansätze, die auf die Holzscheibe passen, und wodurch derselbe, sowie durch das Bestreben des Zusammenziehens, fest mit dem Radkörper verbunden wird. Dies Bestreben des Zusammenziehens findet statt, indem der Sicherheits-Reif, wie bereits erwähnt, heiss aufgezogen wird. Das Festhalten des Tires auf dem Sicherheits-Reif ist in ähnlicher Weise bewirkt, indem der erstere einen ringförmigen Ansatz hat, welchem eine, an einer Seite des letzteren gemachte Vertiefung entspricht.

Die geeignetesten und dauerhaftesten Holzgattungen zur Ausführung der obbeschriebenen Radfüllungen sind Mahagoni, Eichen-, Ulmen-, Eschen- und Buchen-Holz. Das Holz muss vor der Verwendung vollkommen trocken sein; es wird mit Bleiweiss und Leinöl gesättigt und die Berührungsflächen werden insbesondere mit diesen Substanzen, welche auf die Consistenz einer gewöhnlichen Oelfarbe gebracht sind, mehrmal angestrichen.

Die Figuren 19 und 20 auf Blatt Nr. 21 zeigen eine Modification dieses Rades, welche sich jedoch nur auf die Umfassung des Radkörpers bezieht. Dieser ist nur vom Tire umgeben, welcher conisch ausgebohrt ist und an jeder Seite eine ringförmige Vertiefung hat. Die Holzscheibe wird auf den gleichen Conus von circa $\frac{1}{10}$ abgedreht und der Tire entweder kalt oder schwach rothglühend auf die Scheibe aufgepresst; es werden sonach zwei Befestigungs-Ringe (R, R), welche mit ringförmigen, in die Vertiefungen des Tires passende Erhöhungen versehen sind, mittelst Schraubenbolzen an die Seiten des Rades fixirt.

Diese nach J. Beattie's Patent construirten Holzscheiben-Räder sollen folgende Vortheile bieten:

1. Grose Dauer bei vollkommener Sicherheit.

Es wurden von fünf Räder-Garnituren, d. i. von 10 Räderpaaren auf der obbenannten Bahn, während neun Jahren, 1,554,229 englische Meilen zurückgelegt, wornach sämtliche Radkörper noch in einem so gut erhaltenen Zustand waren, als wenn sie erst in Betrieb gekommen wären.

2. Die Tires dieser Räder werden weniger und gleichmässiger abgenützt, weil die Holzscheiben denselben eine ununterbrochene und unbiegsame Unterlage bieten, und weil die Elasticität des Holzkörpers die nachtheiligen Wirkungen der verschiedenartigen Stösse und Schläge vermindert, welche durch die Unebenheiten der Schienen oder in Folge anderer Ursachen entstehen. Diese den Holzrädern eigenthümliche Elasticität ist eine vorzügliche Eigenschaft derselben, welche keine andere Rädergattung besitzt, und die Holzräder sind in dieser Beziehung selbst den Blechscheiben-Rädern vorzuziehen. Im Vergleich mit den Speichen-Rädern sind die Vorzüge der Holzräder unverkennbar; denn die Speichen-Enden wirken an

dem Tires, in der That, wie Hämmer, deren fortwährende Schläge die auf denselben aufliegenden Theile des Tires beschädigen, verbreitern und die Textur dieser Theile verändern; wodurch der Tires ungleichmässig abgenützt, loose und bald unbrauchbar wird.

3. In Folge der Elasticität des Holzes leiden die Achsen der Holzfäder weniger als die Achsen aller anderen bisher bekannten Rädergattungen.

4. Die Holzfäder werden von den Reisenden vorgezogen; weil sie weniger Getöse und weniger Staub verursachen und weil die Wirkungen der Schienenstösse durch die Elasticität des Holzes vermindert werden.

5. Die Anschaffungskosten für Holzfäder nach Beattie's Patent sind zwar um 10 bis 20 Procent höher als die der gewöhnlichen Speichenräder; es sind jedoch deren Erhaltungskosten und insbesondere die Erhaltungskosten der Tires viel geringer.

6. Das Gewicht der Holzfäder ist etwas kleiner, als das der Speichenräder und beträgt per Garnitur, dies sind vier Stücke, und bei einem Rad-Durchmesser von $3\frac{1}{2}$ Fuss circa 30 englische Centner.

5. Exemplar. — Das durch die Figuren 22, 23, 24, 25, 26 und 27 auf Blatt Nr. 22 dargestellte fünfte Exemplar ist ein nach Mansell's Patent construirtes Holzschleiben-Rad; derartige Räder werden in dem Old-Park Eisenwerk der HH. Lloyd, Foster & Comp. in Wednesbury und in den Werkstätten der HH. Fox & Henderson in Birmingham ausgeführt und sind auf mehreren Bahnen, namentlich auf der South-Eastern Eisenbahn in Verwendung. Auf dieser Bahn haben mehrere dieser Räder seit dem Jahre 1849 über 60,000 englische Meilen zurückgelegt, ohne dass eine andere Reparatur, als ein zeitweiliges Abdrehen oder Ersetzen der Tires erforderlich war.

Die Holzfüllung dieser Räder besteht aus Segmenten von gänzlich lufttrockenem Cuba-Mahagoni, Theka, Eichen- oder rothem Sandel-Holz (Brasilienholz) oder von irgend einer harten und dichten Holzgattung. Diese Segmente, welche derart geschnitten und aneinander gereiht sind, dass die Fasern des Holzes radial zu stehen kommen, werden mittelst eines gleichmässigen, am Umfang derselben wirkenden Druckes von 80 bis 100 Tonnen gegen die mittlere Oeffnung gepresst, welche bei Beibehaltung der höchsten Pressung ausgebohrt wird und sonach die Nabe empfängt. Diese ist von Gusseisen und besteht aus zwei Theilen, zwischen welchen die Enden der Segmente bei fortwährender Beibehaltung der Pressung mittelst Schrauben-Bolzen solid befestiget werden. Der Radkörper wird sonach aus der hydraulischen Hilfsmaschine genommen, auf eine Drehbank gespannt und am Umfang conisch abgedreht, damit er geeignet werde den conisch ausgebohrten Tires zu empfangen. Der Conus dieser Bohrung ist gleich dem Radconus, so dass dieser mit der inneren gleich conischen Fläche des Tires parallel ist. Es wird ferner an jeder Seite des Letzteren eine ringförmige Vertiefung eingeschnitten, welche zur Aufnahme der Befestigungs-Ringe dienen. Der so bearbeitete Tires wird ohne Zwischenlage auf den Umfang der Holzschleibe, mittelst einer hiefür geeigneten hydraulischen Maschine, kalt aufgepresst. Nach diesem gewaltsamen Aufpressen werden an bei-

den Seiten des Rades Befestigungs-Ringe aufgeschraubt, welche mit ringförmigen Erhöhungen versehen sind, die in die Vertiefungen des Tires passen; durch diese Ringe wird eine sichere und ununterbrochene Verbindung des Tires mit der Holzschleibe hergestellt.

Die weitere Bearbeitung des Rades geschieht wie bei den letztbeschriebenen Exemplaren.

Die nach Mansell's Patent construirten Schleibenräder sollen folgende Vortheile bieten:

1. Es finden hiebei sehr selten Tires-Brüche statt; weil der Tires kalt, somit ohne einer Verletzung der Fasern, aufgezogen wird, wobei weniger eine Ausdehnung des Tires, als eine Verdichtung des Holzes geschieht und weil bei dessen Befestigung auf dem Radkörper keine der sonst gebräuchlichen Bolzen verwendet werden, wodurch der Tires und insbesondere dessen Spurfäche beschädigt wird.

2. Wenn übrigens ein Tires-Bruch statt findet, so kann selbst wenn der Tires in mehrere Stücke bricht, hierdurch kein Unfall entstehen, weil jedes einzelne Stück mit dem Radkörper verbunden bleibt, indem die beiderseitigen Befestigungs-Ringe eine ununterbrochene Verbindung des Tires mit dem Radkörper herstellen. Die Erfahrung und viele Versuche haben diese vorzügliche Eigenschaft der nach Mansell's Patent erzeugten Räder constatirt.

3. Grössere Dauerhaftigkeit der Tires, welche für diese Räder viel dicker gemacht und bei voller Sicherheit bis auf eine viel geringere Stärke-Dimension abgenützt werden können als dies bei den meisten anderen Rädergattungen der Fall ist.

4. Es finden hierbei weniger Achsenbrüche statt; indem die Holzschleibe die nachtheiligen Wirkungen der Schienenstösse vermindert, welche sonst bald die Textur der Achse verändern und den Bruch derselben verursachen.

5. Einfachheit der Ausführung und der Reparaturen. Es kann nämlich der grösste Theil der Arbeit durch schickliche Hilfsmaschinen geschehen, was eine billige Erzeugung ermöglicht und wodurch das Fabricat eine genauere und bessere Vollendung erhält.

6. Diese Räder haben einen geringeren Luftwiderstand als die Speichenräder zu überwinden, was nicht ohne nennenswerthen Einfluss auf die insbesondere für Schnellzüge erforderliche Zugkraft ist.

6. Exemplar. — Das durch die Figuren 28 und 29 auf Blatt Nr. 22 dargestellte sechste Exemplar zeigt ein nach Adam's System construirtes Holzschleiben-Rad.

Dieses Rad scheint einfacher und zugleich solider als die bisher beschriebenen Holzfäder zu sein; es sind zwar hierüber noch keine genügenden Erfahrungen bekannt; allein es lässt sich mit einiger Zuversicht behaupten, dass sich diese Räder noch besser als alle bisher bekannten Block- und Holzschleiben-Räder bewähren werden.

Adam's Patent-Rad ist dem letztbeschriebenen Exemplar ähnlich; die Construction der Holzschleibe und der Nabe sowie die Vereinigung dieser beiden ist ebenso wie bei Mansell's Patent-Rad; der Tires und dessen Befestigungsart ist aber hiervon verschieden. Es ist nämlich mit dem Tires eine Flansche gewalzt, die zur Fixirung desselben dient, indem diese Flansche mit der Holzschleibe mittelst Schrauben ver-

bunden wird. Diese Flansche dient zugleich zur Verstärkung des Tire's, welcher sich in Folge dieser Verstärkung nahezu bis an die Peripherie des Radkörpers abnützen lässt.

Ueber die Holzräder wird im Allgemeinen noch Folgendes erwähnt.

Diese Räder, namentlich jene mit vollen Holzscheiben, haben unverkennbare Vorzüge im Vergleich mit allen übrigen Rädergattungen und ist besonders deren Anwendung für Personen-Wagen empfehlungswerth.

Möglichst trockenes Holz ist jedoch ein Haupterforderniss zur Anfertigung eines dauerhaften Holzrades und die Nichterfüllung dieser Hauptbedingung mag oftmal Ursache gewesen sein, dass diese Rädergattung nicht die erwarteten vorzüglichen Dienste leistete.

Die Verwaltung der Köln-Mindener Eisenbahn hat im Jahre 1850 besondere Trockenöfen erbauen lassen, um hierin verschiedene Holzgattungen, welche zur Anfertigung der Holzräder geeignet erschienen, zu trocknen. Diese Holzgattungen waren: „Ulmen-, Buchen-, Eschen- und Eichen-Holz.“ Nachdem die Holzstücke gut getrocknet waren, wurden sie in Oel gesotten und sonach für die Holzscheiben-Räder verwendet, welche damals in dem Hüttenwerk zu Hörda für die obbenannte Eisenbahn ausgeführt wurden. Diese Räder bewährten sich so lange, als die Tires dauerten, vollkommen gut; beim Heissaufziehen der Tires jedoch wurden bisweilen die Radscheiben unrund oder windschief gedrückt, so dass bei einem Theil der Räder diese schwierige Operation wiederholt werden musste. Die Ursache hievon mag muthmasslich die Verwendung zu kleiner Tires, im Verhältniss zum Scheibendurchmesser gewesen sein. Uebrigens wurden auch bei einigen Rädern beim Ersetzen der abgenützten Tires die Keile loose.

Dieser letzte Umstand spricht zu Gunsten der nach Mansell's und Adam's Patent construirten Räder, indem bei diesen keine Keile verwendet werden.

Im Allgemeinen bewährten sich auf der obbenannten Bahn die Holzscheiben-Räder besser als die Speichen-Räder; die besten Resultate wurden jedoch auf dieser Bahn mit den Blechscheiben-Rädern erzielt.

7. Exemplar. — Das durch die Figuren 30 und 31 auf Blatt Nr. 22 dargestellte siebente Exemplar ist ein nach Adam's System construirtes Blechscheiben-Rad.

Dieses Rad, welches wegen der besondern Einfachheit bemerkenswerth ist, besteht aus einer gusseisernen Nabe, aus einer ringförmigen Blechscheibe und aus einem Schalenguss-Tire.

Es wird aus einer gewalzten Eisenplatte eine ringförmige Scheibe gefertigt, welche an dem äusseren und an dem inneren Rand durchlöchert wird. Die Nabe und der Tire werden auf die ringförmige Blechscheibe aufgegossen, wobei der Guss die Löcher der Scheibe ausfüllt, welche, um eine recht solide Verbindung zu erzielen, möglichst kurze Zeit vor dem Gusse weissglühend gemacht wird.

Die Nabe dieses siebenten Exemplares hat eine ungewöhnlich grosse Länge, und zwar so gross wie der Halbmesser

des Rades. Die Ursache, warum der Nabe diese bedeutende Länge gegeben wird, ist folgende: Das Rad soll nämlich auf der Achse nicht vollständig fixirt werden und insofern loose bleiben, dass eine Drehung des Rades um die Achse möglich ist, wodurch die Wirkungen, welche in Folge der in Bahnkrümmungen ungleich langen Schienenstränge entstehen und welche den mit fixen Rädern versehenen Achsen stets nachtheilig sind, behoben werden und somit die Torsionsfestigkeit der Achsen weniger in Anspruch genommen wird.

8. Exemplar. — Das durch die Figuren 32 und 33 auf Blatt Nr. 22 dargestellte 8. Exemplar ist ebenfalls ein Blechscheiben-Rad und unterscheidet sich von den letztbeschriebenen durch die Scheibe, welche statt eben, wellenförmig gebogen ist und durch den Tire, welcher statt aus Schalenguss, aus Gussstahl gefertigt ist.

Die Radscheibe erhält durch die wellenförmigen Biegungen eine grössere Widerstandsfähigkeit gegen die Schienenstösse. Das Biegen der Scheibe wird am einfachsten bewirkt, indem man sie glühend, zwischen geeigneten Gesenken, unter einem Dampfhammer bearbeitet. Diese Biegungen vermindern sich übrigens gegen den äussern Umfang, so dass der äusserste ringförmige Theil der Scheibe eben bleibt und derart zur Vereinigung mit dem Tire geeigneter ist. Diese Vereinigung geschieht mittelst Nieten und es wird zu diesem Zwecke mit dem Tire eine ringförmige Flansche gewalzt, welche zugleich, als Nebenzweck die Verstärkung des Tire's bewirkt.

Zur Erlangung einer dauerhaften Verbindung der Scheibe mit der Nabe ist es nöthig, dass die Scheibe weissglühend gemacht, in diesem Zustand in die Gussform gelegt und die Nabe unverzüglich aufgegossen werde. Das Erhitzen kann über einem runden Coaks-Ofen geschehen, in welchen von vier Seiten der Wind geführt wird.

Nach der Vereinigung der Nabe mit der Scheibe wird der äussere Umfang der letzteren abgedreht, sonach der Tire an die Scheibe mittelst Nieten befestigt und das Rad durch das Abdrehen des Tire's und durch das Ausbohren der Nabe vollendet.

Derartige wellenförmige Blechscheiben-Räder werden in vorzüglicher Weise in dem Hüttenwerk zu Hörde (Rheinpreussen) gefertigt und haben sich, bei einer ziemlich ausgedehnten Anwendung, auf mehreren deutschen Bahnen, namentlich auf der Niederschlesisch-Märkischen Eisenbahn, sehr gut bewährt und es haben insbesondere die Gussstahl-Tires dieser Räder sehr befriedigende Resultate gegeben.

Die Anwendung des Gussstahles für die Rad-Tires verdient ebenso wie für die Achsen die volle Beachtung der Bahnverwaltungen; denn dieses sehr harte Material widersteht der Abnützung viel länger als das Eisen. Eine allgemeine Anwendung der Gussstahl-Achsen und der Gussstahl-Tires, wird jedoch erst dann stattfinden, bis der Preis dieser Gegenstände billiger und mehr in Uebereinstimmung mit den Erzeugungs-Kosten derselben sein wird.

Eine besondere Aufmerksamkeit verdienen auch die von J. R. Jackson in Manchester nach Bodmer's System angefertigten Tires. Es werden Ringe von einer grösseren Stärke als die des zu fertigenden Tires und von einem um 1 Fuss kleinerem Durchmesser geschweisst und mittelst eines

besonderen Walzen-Systems auf die gewünschten Dimensionen derart ausgewalzt, dass ein Abdrehen der so erzeugten Tires, d. i., ein Wegnehmen der harten und festen Oberfläche nicht nöthig ist. Derartige Tires sind auf der South-Eastern Eisenbahn in Anwendung und es wurden hiermit sehr befriedigende Resultate erlangt.

Den Beschluss dieser Mittheilungen bildet die nachstehende Beschreibung einiger completer Achsen-Räderpaare.

1. Exemplar. — Ein solches erstes Exemplar, welches wegen dessen Eigenthümlichkeit hier erwähnt wird, ist durch die Figuren 34 und 35 auf Blatt Nr. 22 dargestellt.

Diese Eigenthümlichkeit besteht in der Verwendung eines Blechrohrs, welches den zwischen den Rädern befindlichen Theil der gewöhnlichen Achsen ersetzen soll. Es sind nämlich zwei wellenförmige Blechscheiben-Räder mit einem Blechrohr vereinigt, welches eine der Spurweite entsprechende Länge hat und es ist in jeder Radnabe ein Zapfen befestigt, welcher als Achsenhals dient.

Die Befestigung dieser aus Gussstahl gefertigten Zapfen geschieht entweder mittelst Keile in gleicher Weise wie die Räder auf die gewöhnlichen Achsen befestigt werden; oder mittelst Schrauben, in gleicher Weise wie die Befestigung der Kurbel-Zapfen der Locomotive-Triebräder. Die Vereinigung der Räder mit dem Blechrohr wird mittelst zweier Ringe von Winkeleisen und mittelst Nieten oder Schrauben bewerkstelligt.

Im letzteren Fall werden nach erfolgtem festen Anziehen der Schrauben-Muttern die Enden der Bolzen umgebörtelt, d. i. kalt vernietet, wodurch ein Looswerden der Muttern verhütet wird. — Es werden ferner an das Rohr zwei Verstärkungs-Ringe von T Eisen angenietet, welche eine momentane Formveränderung desselben, nämlich die Veränderung des kreisrunden Querschnittes in einen elliptischen verhindern sollen.

Eine Vergleichung dieser Achsen-Räderpaare mit den gewöhnlichen führt zu folgenden Bemerkungen:

1. Die nachtheiligen Wirkungen der Schienenstösse werden bei den gewöhnlichen Achsen-Räderpaaren durch die Hebelübertragung bedeutend vergrössert, indem die Halbmesser der Räder Hebel bilden, welche die Schienenstösse verstärkend der Achse mittheilen. Dies geschieht insbesondere bei jenen Schienenstössen, welche in horizontaler Richtung auf die Spurkränze der Räder wirken. Diese nachtheiligen Wirkungen erhöhen sich im Verhältniss mit dem Durchmesser der Räder und vermindern sich im Verhältniss mit dem Durchmesser der Achse. Da es nun thunlich ist den Rohrachsen, innerhalb der Räder, einen sehr grossen Durchmesser zu geben, so werden diese, nämlich das Rohr und die Zapfen, weniger als die gewöhnlichen Achsen von den Schienenstössen zu leiden haben.

2. Das Rohr wird überhaupt dauerhafter als eine Vollachse sein, deren Gefüge erfahrungsgemäss bald kristallinisch wird, was die gewöhnliche Ursache der Achsenbrüche ist.

3. Zur Sicherheit gegen ein Brechen der Zapfen kann die Radnabe mit einer an die Lagergabeln, oder an den Tragbalken befestigte Eisenumfassung (Nothlager) umgeben werden.

4. Das Mehrgewicht der Rohrachsen ist bei Bahnen mit ziemlich günstigen Niveau-Verhältnissen von geringem Einfluss,

da hiedurch nur die rollende- und nicht die Zapfen-Reibung vermehrt wird.

5. Eine Brems-Vorrichtung für diese Achsen-Räderpaare wird ohne Schwierigkeit ausführbar sein, wenn das Gestänge der Bremse ausserhalb der Räder angebracht wird.

6. Die grösseren Anschaffungs-Kosten der Robrachsen sollen durch deren längere Dauer, insbesondere durch die grosse Haltbarkeit des Rohres, mehr als ersetzt werden, worüber jedoch nur die noch fehlende Erfahrung Gewissheit verschaffen könnte.

2. Exemplar. — Ein zweites Exemplar ist durch die Figur 36 auf Blatt Nr. 23 dargestellt und wird hier ebenfalls der Eigenthümlichkeit wegen erwähnt.

Diese Eigenthümlichkeit besteht darin, dass für jedes Rad eine besondere sehr kurze Achse, ähnlich wie bei Schiebkarren, verwendet wird; so dass sich jedes Rad unabhängig von dem correspondirenden drehen kann. Jede dieser kurzen Achsen hat zwei Achsenhälse, welche zwei Achsenlager und doppelte Tragfedern bedingen.

Die bezügliche Zeichnung zeigt die Anwendung dieses Systems für die Laufräder einer Locomotive-Maschine, deren Triebachse hinter der Feuerkiste angebracht ist, und welche keine Kuppel-Räder hat.

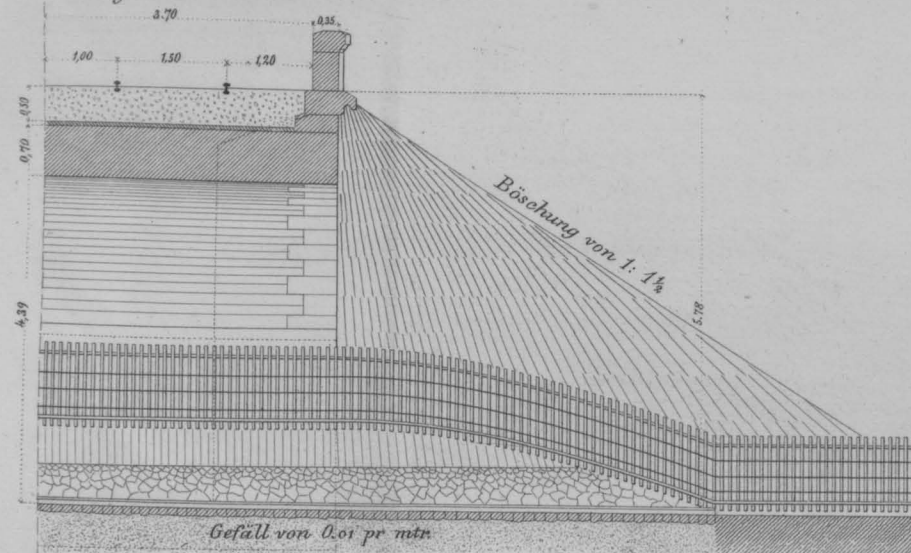
Es wird in diesem Fall durch die Anwendung dieses Systems und durch eine eigenthümliche Construction der Feuerkiste zugleich der „secundäre Zweck:“ den Kessel sehr tief zu legen, erreicht. Der Hauptzweck dieser Doppelachsen bezieht sich jedoch auf das Befahren der Bahnkrümmungen, welches insofern erleichtert wird, als hierbei die ungleiche Länge der Schienenstränge ohne Einfluss auf die Achse ist. Obgleich dieser Vortheil und auch die Verminderung der Zapfenreibung durch die Anwendung der Doppelachsen erreichbar ist, indem die Zapfen viel schwächer gemacht werden können; so hat doch dieses System, welches wie bereits bemerkt, nur der Eigenthümlichkeit wegen hier erwähnt wird, keinen practischen Werth; weil kurze Achsen zu wenig die vertikale Stellung der Räder sichern.

Wenn jedoch die zwei kurzen Achsen durch einen Schaft zu einer Achse mit vier Hälsen vereinigt werden und jeder Hals gleichmässig belastet wird, so wird eine derartige mit einem Räderpaar versehene Achse grosse Sicherheit bieten und sich insbesondere als erste Laufachse der Schnellzugs-Maschine eignen, indem ein Bruch einer solchen Achse kaum bedeutende Folgen haben kann.

3. Exemplar. — Das dritte und zugleich das letzte Exemplar ist durch die Figuren 37 und 38 auf Blatt Nr. 23 dargestellt.

Dieses für die sogenannten Rodelwägen geeignete Achsenräderpaar besteht aus einer schwachen, schmiedeisernen Achse und aus gusseisernen Rädern, welche mit einem Kautschuk-Ring eingefasst werden. Diese aus vulkanisirtem Kautschuk gefertigten Ringe, sind ziemlich dauerhaft und haben die angenehme Eigenschaft bei der Benützung wenig Geräusch zu verursachen. Derartige Achsenräderpaare eignen sich demnach vorzüglich für alle Gattungen kleiner Wagen, womit der Local-Transport des Reisegepäckes auf den Stationen vermittelt wird.

Fig. 2. Querschnitt.



Normalbrücke mit unterdrückten Widerlagern.

Fig. 1. Ansicht.

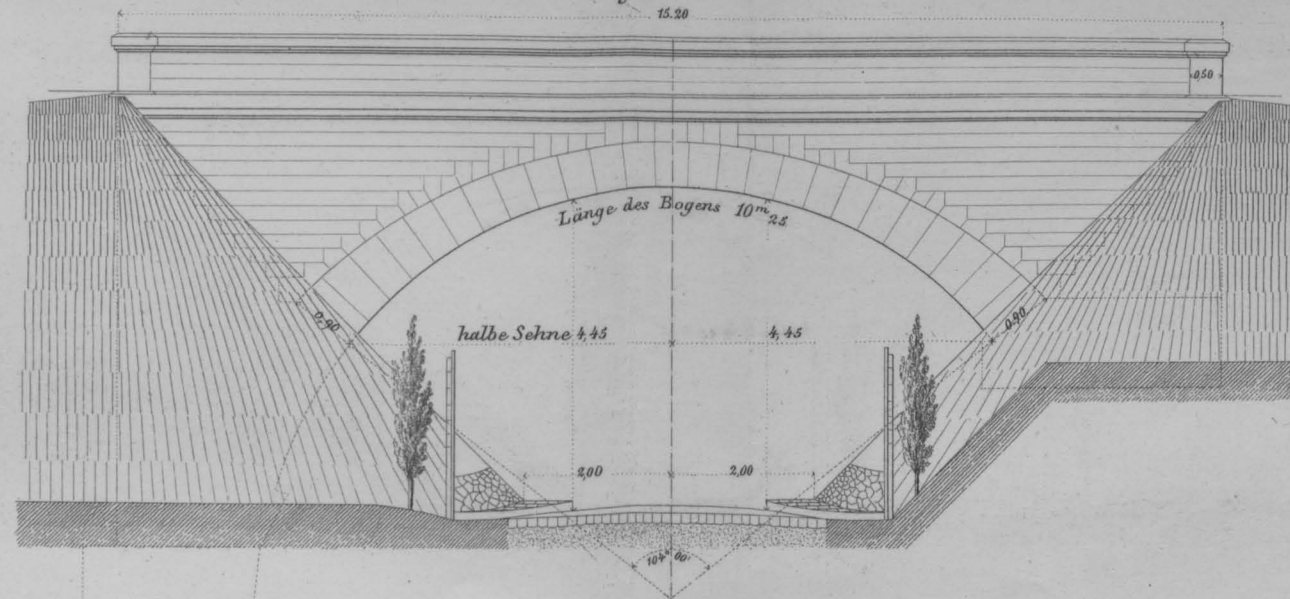


Fig. 3. Querschnitt.

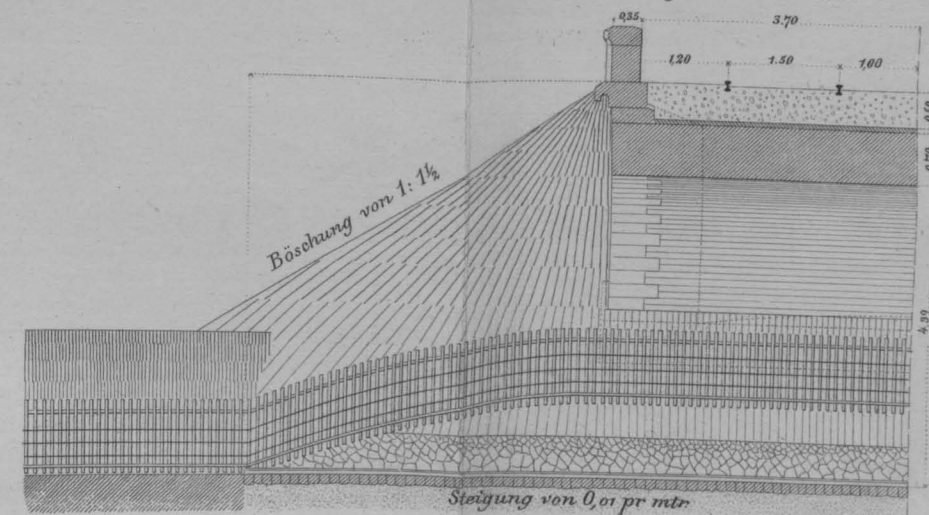


Fig. 4. Längenschnitt.

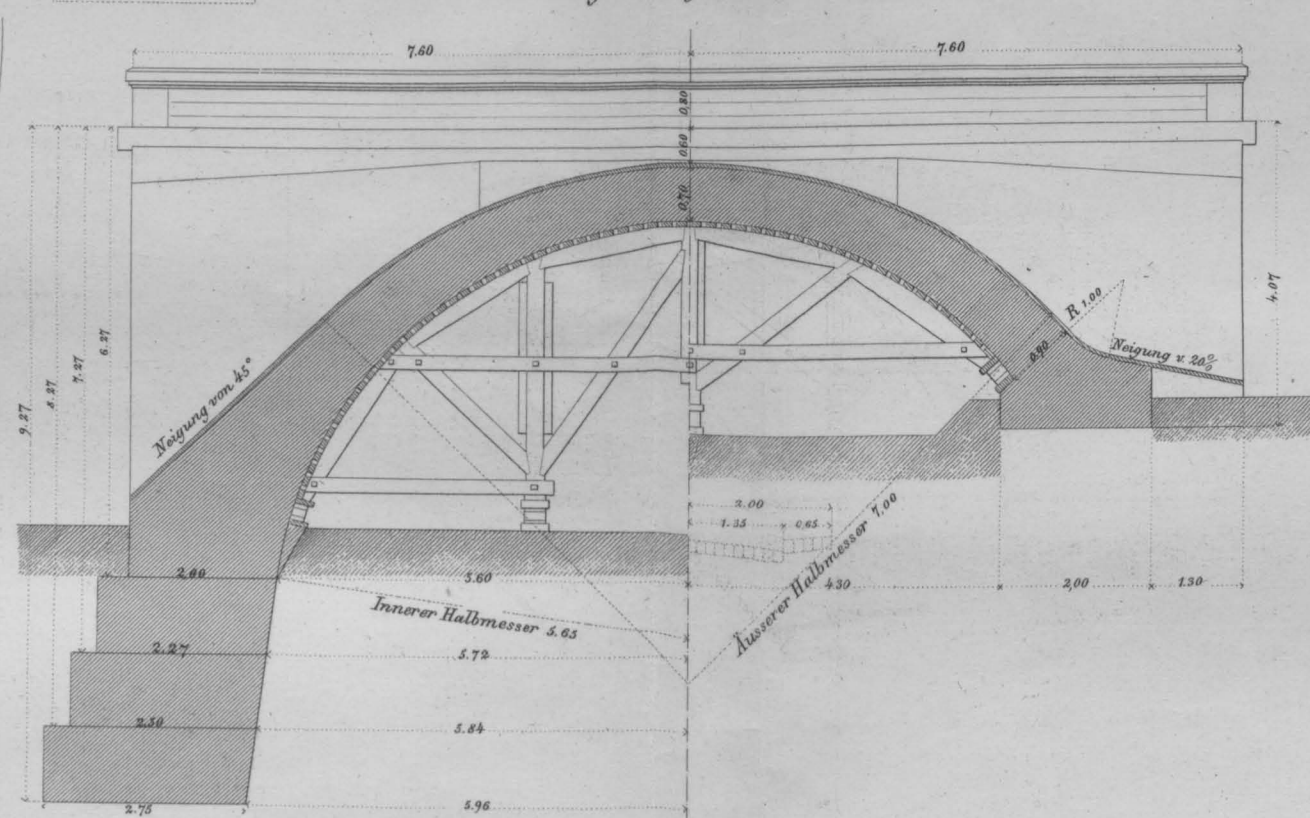


Fig. 5. Grundriss.

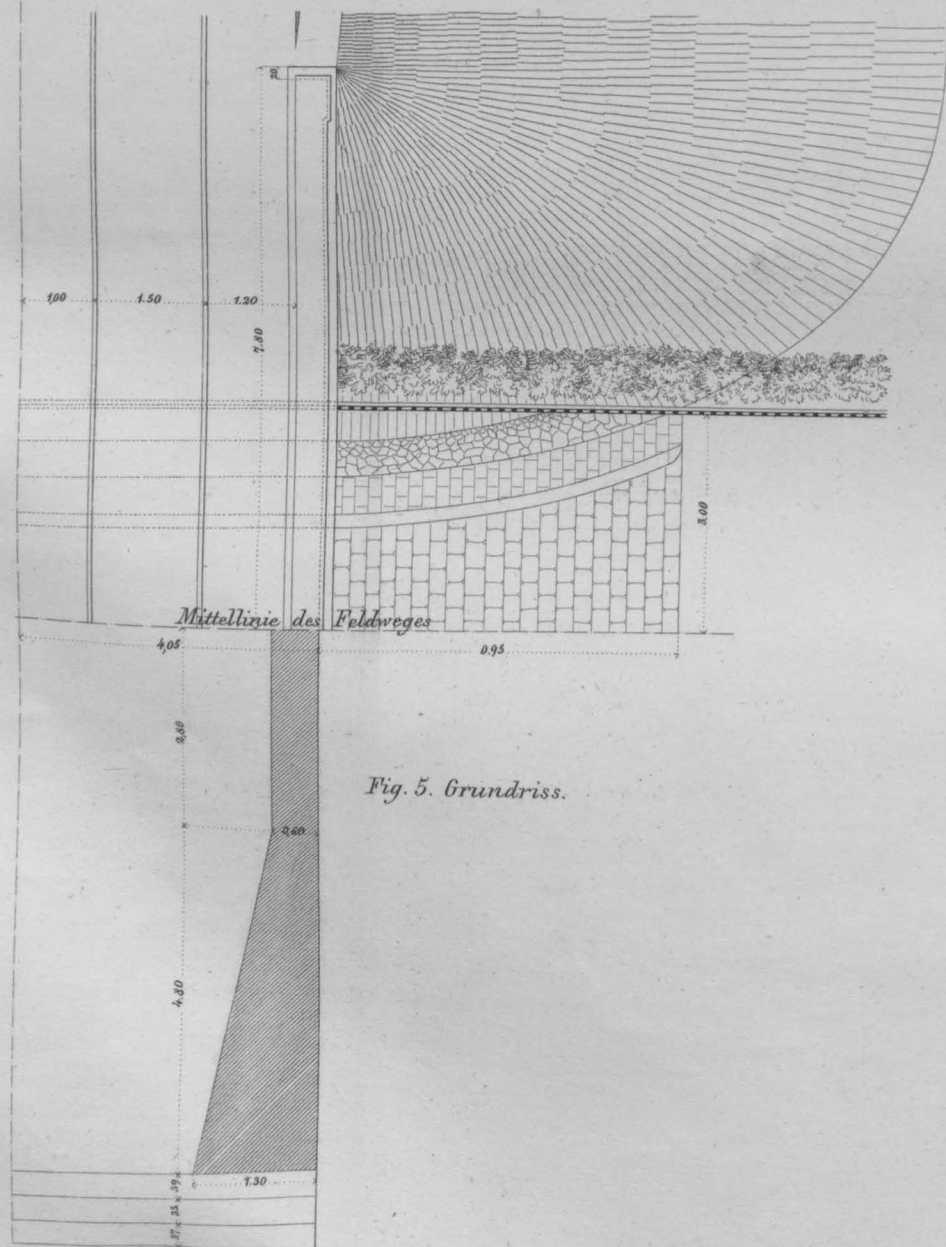


Fig. 6. Grundriss.

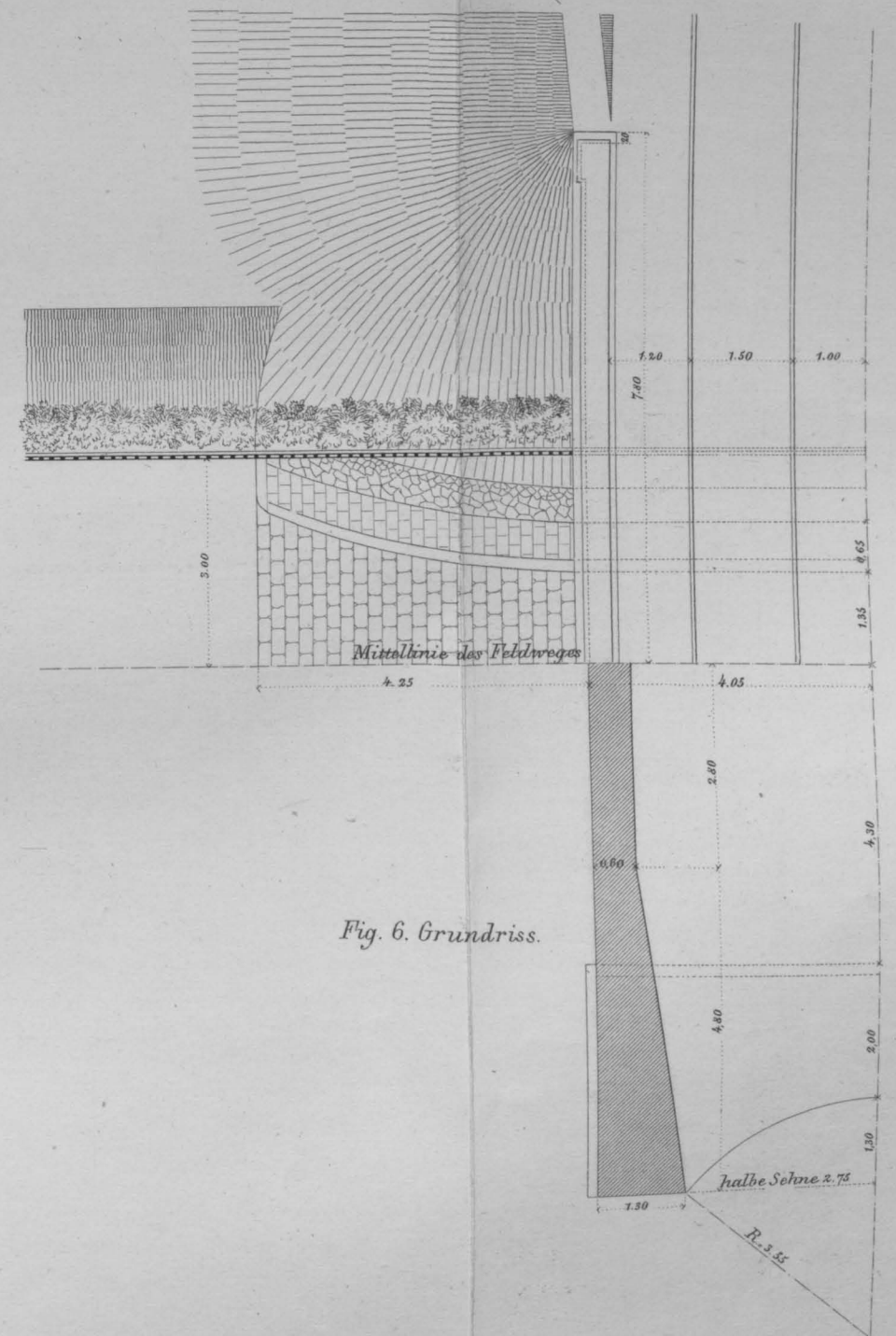
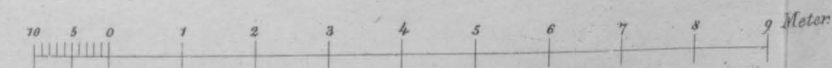
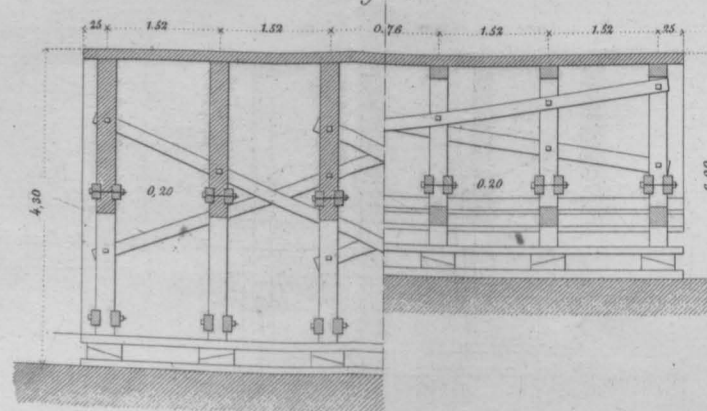


Fig. 7.



Von Gouvieux nach Chantilly.

Fig. 8. Längenschnitt.

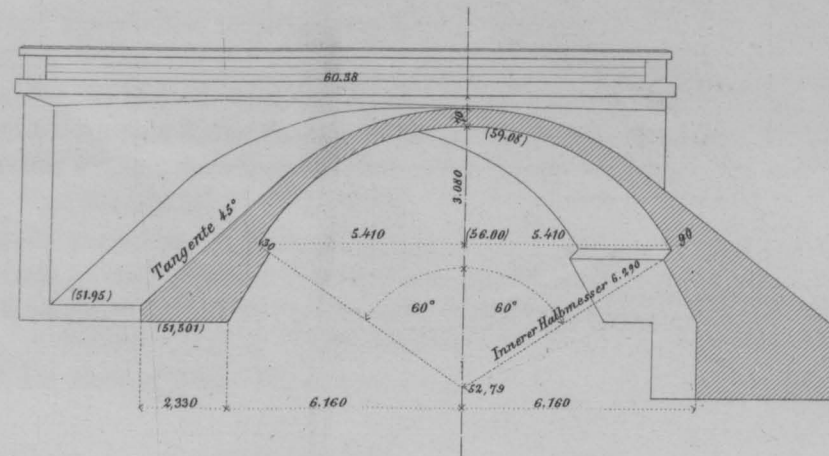


Fig. 9. Ansicht.

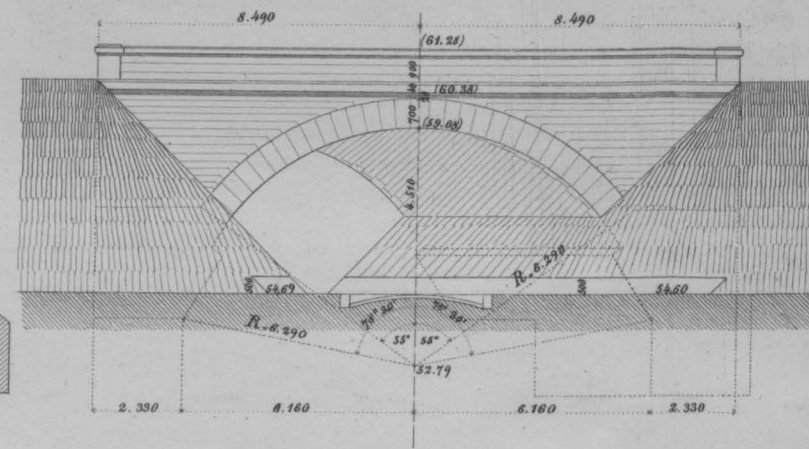


Fig. 10.

Details der Brüstung.

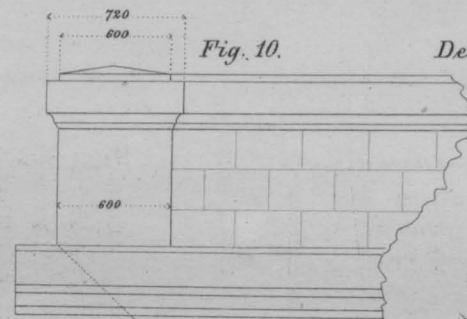


Fig. 11.

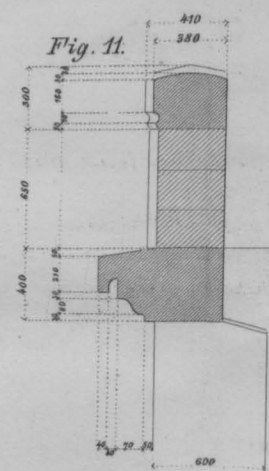


Fig. 12. Grundriss.

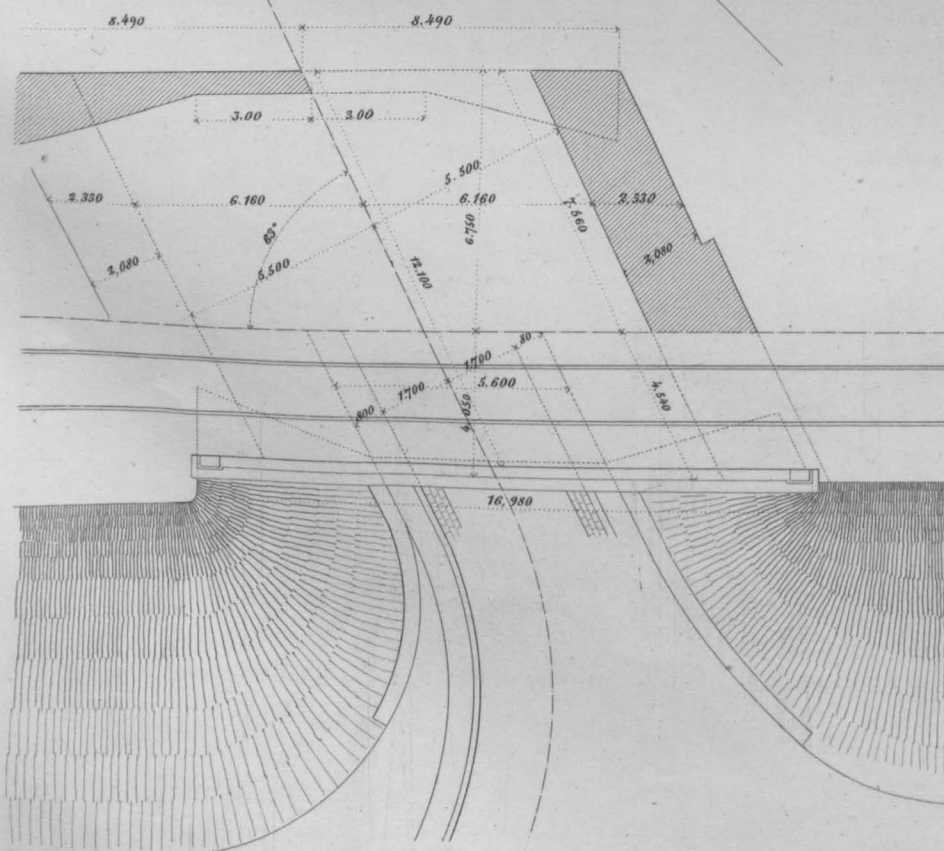
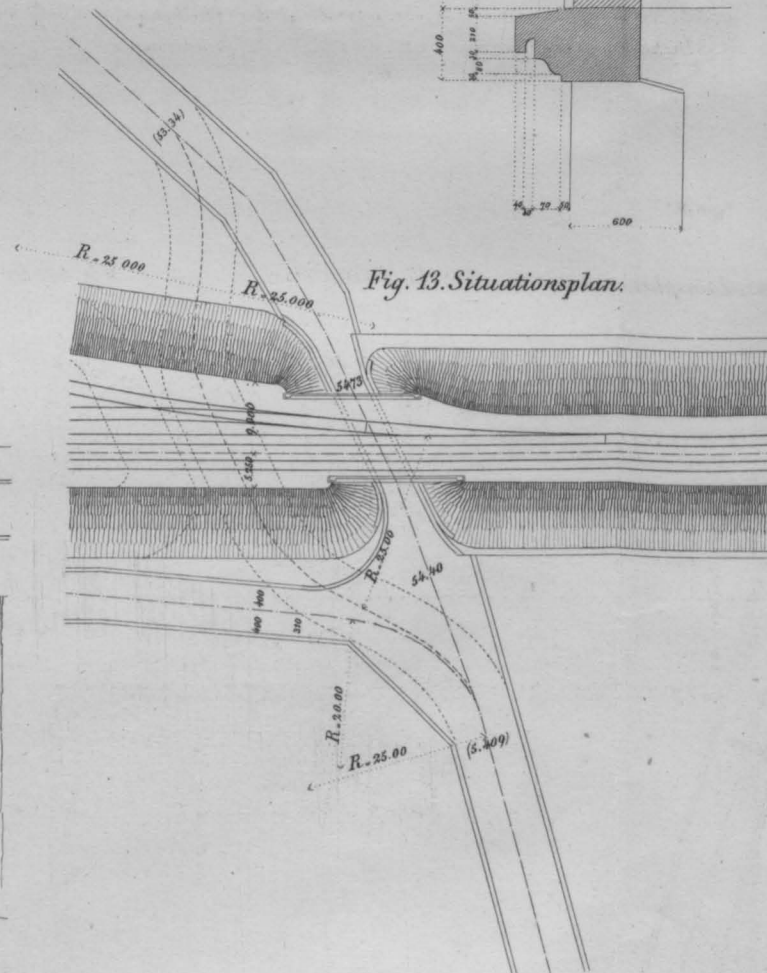


Fig. 13. Situationsplan.



Von Puiseux nach Louvres.

Fig. 14. Ansicht.

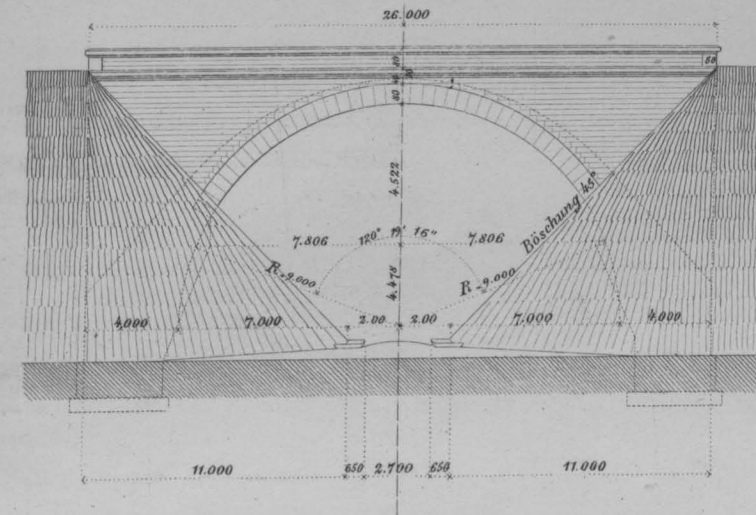


Fig. 15. Längenschnitt.

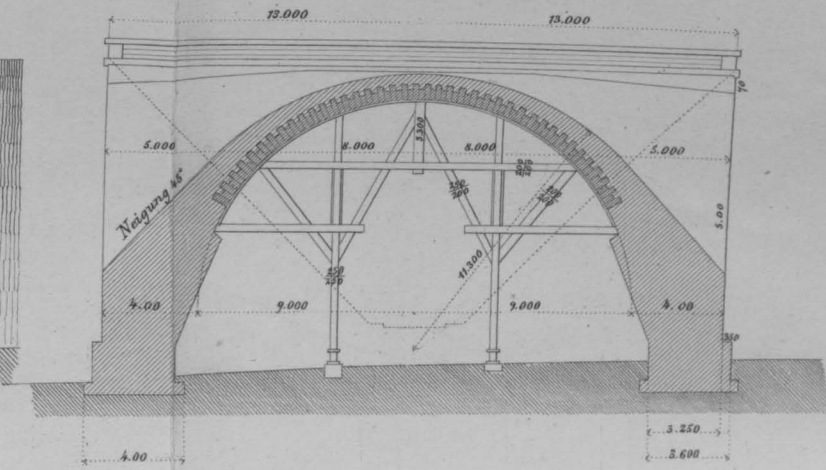
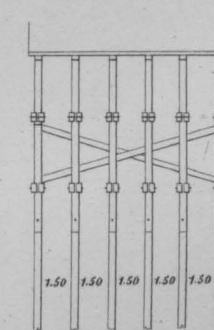


Fig. 16. Längenschnitt.



Weg von Gouvieux nach Chantilly.

Länge des Gewölbes 12.070
Zahl der Wölbesteine 31 von 0.3893
Dicke des Cementgusses 0.050

Weg von Puiseux nach Louvres.

Länge des Gewölbes 18.900
Zahl der Wölbesteine 45 von 0.420
Dicke des Cementgusses 0.050

Fig. 17. Grundriss.

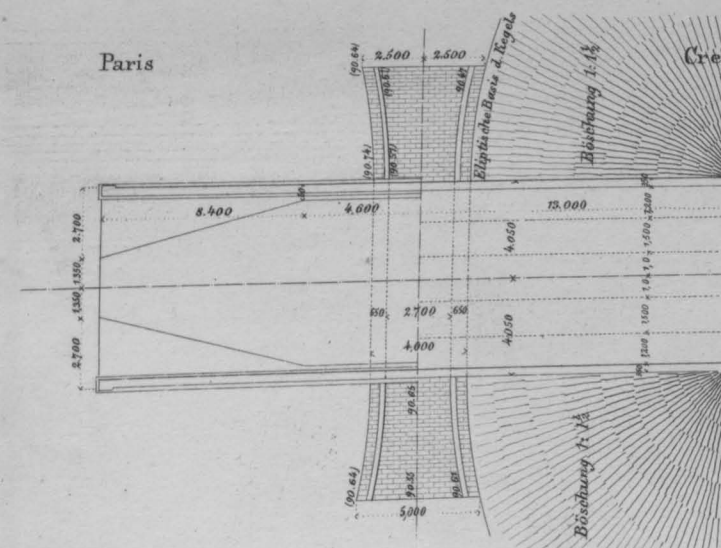


Fig. 18. Querschnitt.

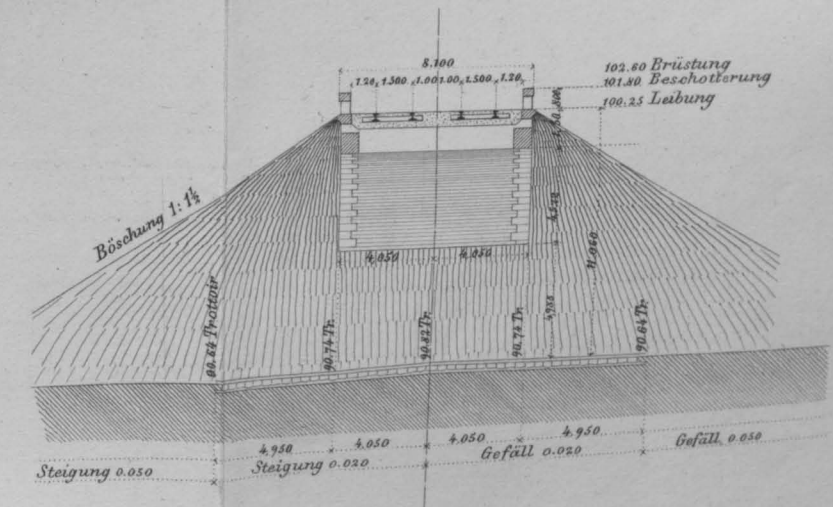


Fig. 1. Bury's Axe.

Entfernung der Halbmittel 6' 3 1/2"

Fig. 2. Wolverton Axe.

6' 3 1/2"

Fig. 3. Henson's Axe.

6' 3 1/2"

Fig. 4. Brunnel's Axe.

8' 6"

Fig. 5. Sturrock's Axe.

6' 4 1/2"

Fig. 6. Modification von Brunnel's Axe.

8' 6 1/2"

Fig. 7. Clark's Axe.

6' 8 1/2"

Fig. 8. Patent Hohl-Axe.

6' 4"

D. K. Clark's Speichenrad.

Fig. 9.

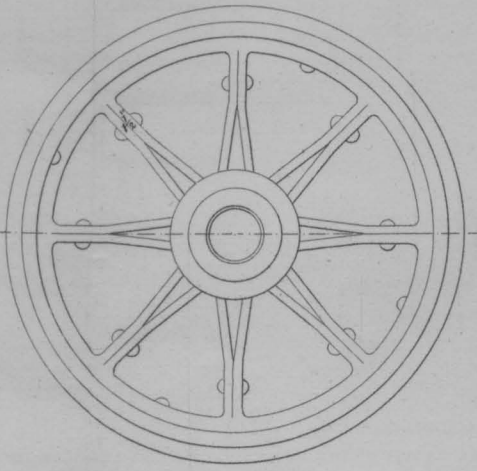
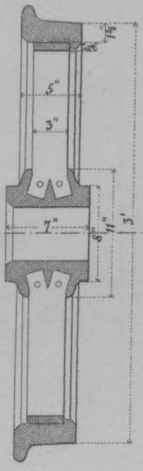


Fig. 10.



Geschmiedetes Speichenrad.

Fig. 11.

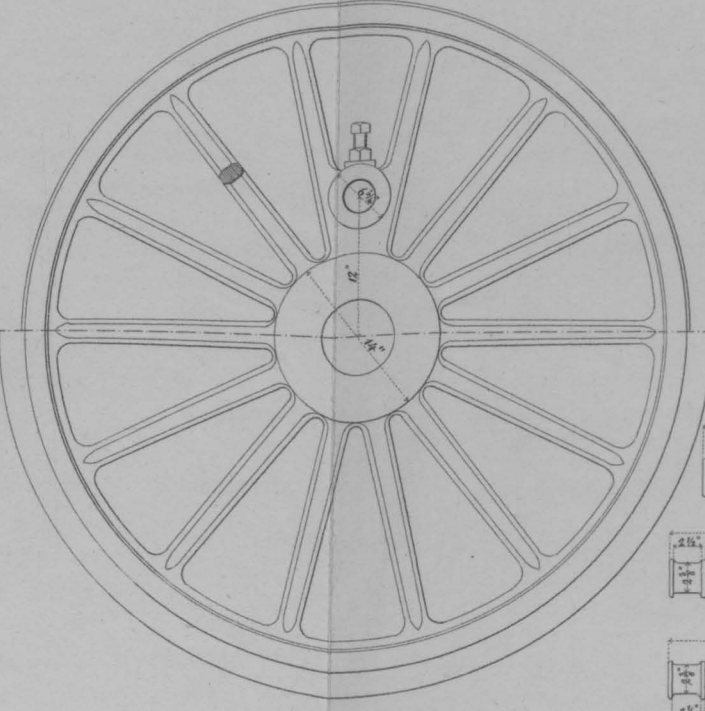


Fig. 12.

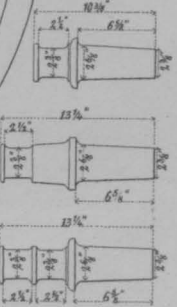
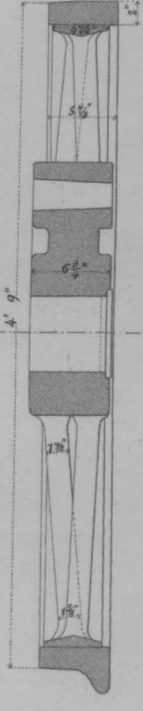


Fig. 17-20: J. Beattie's Patent Holz-Scheiben-Räder

Fig. 17.

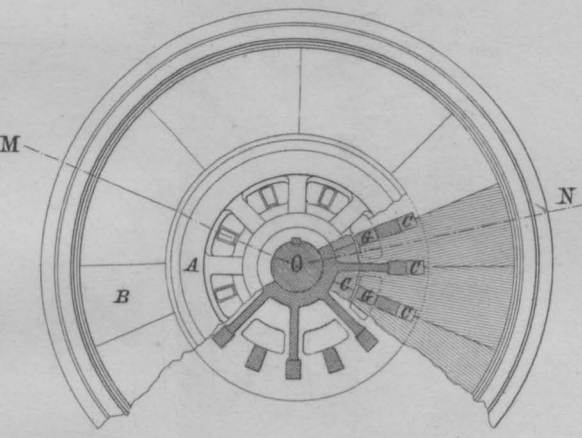


Fig. 18.

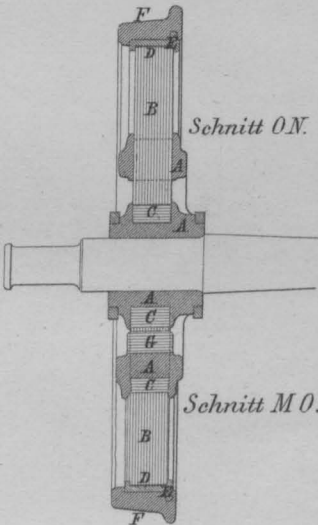


Fig. 19.

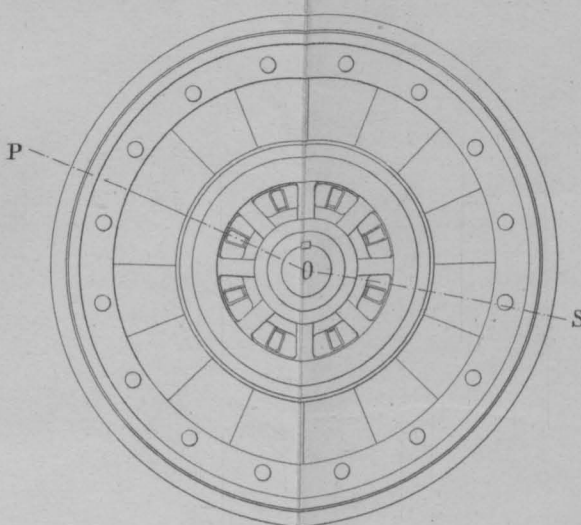


Fig. 20.

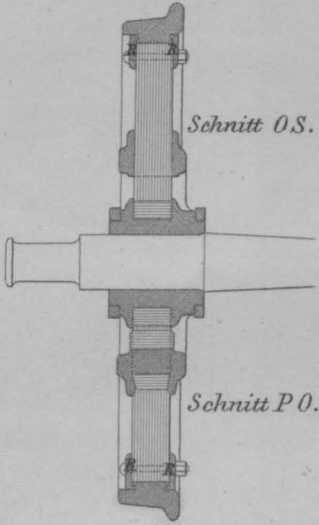


Fig. 13-16: Wharton's Patent Block-Rad.

Fig. 13.

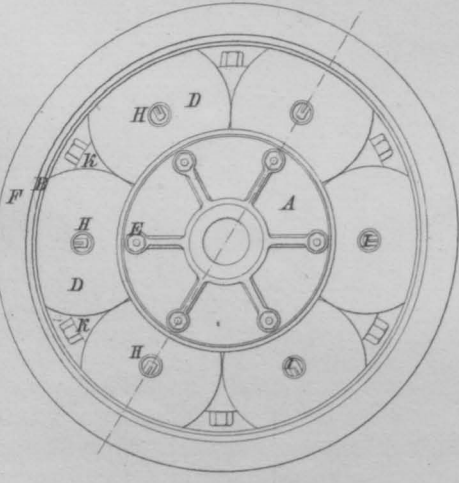


Fig. 14.

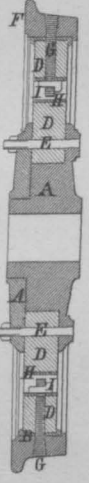


Fig. 15.

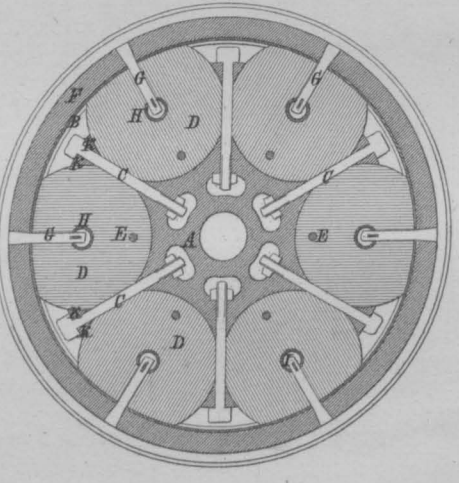
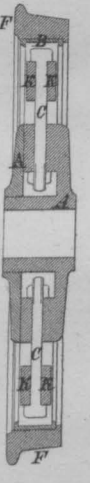
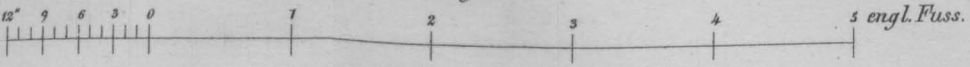


Fig. 16.



Maßstab zu Fig. 1 bis 8.



Maßstab zu Fig. 9 bis 20.

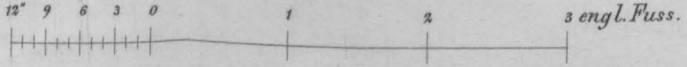


Fig. 21.

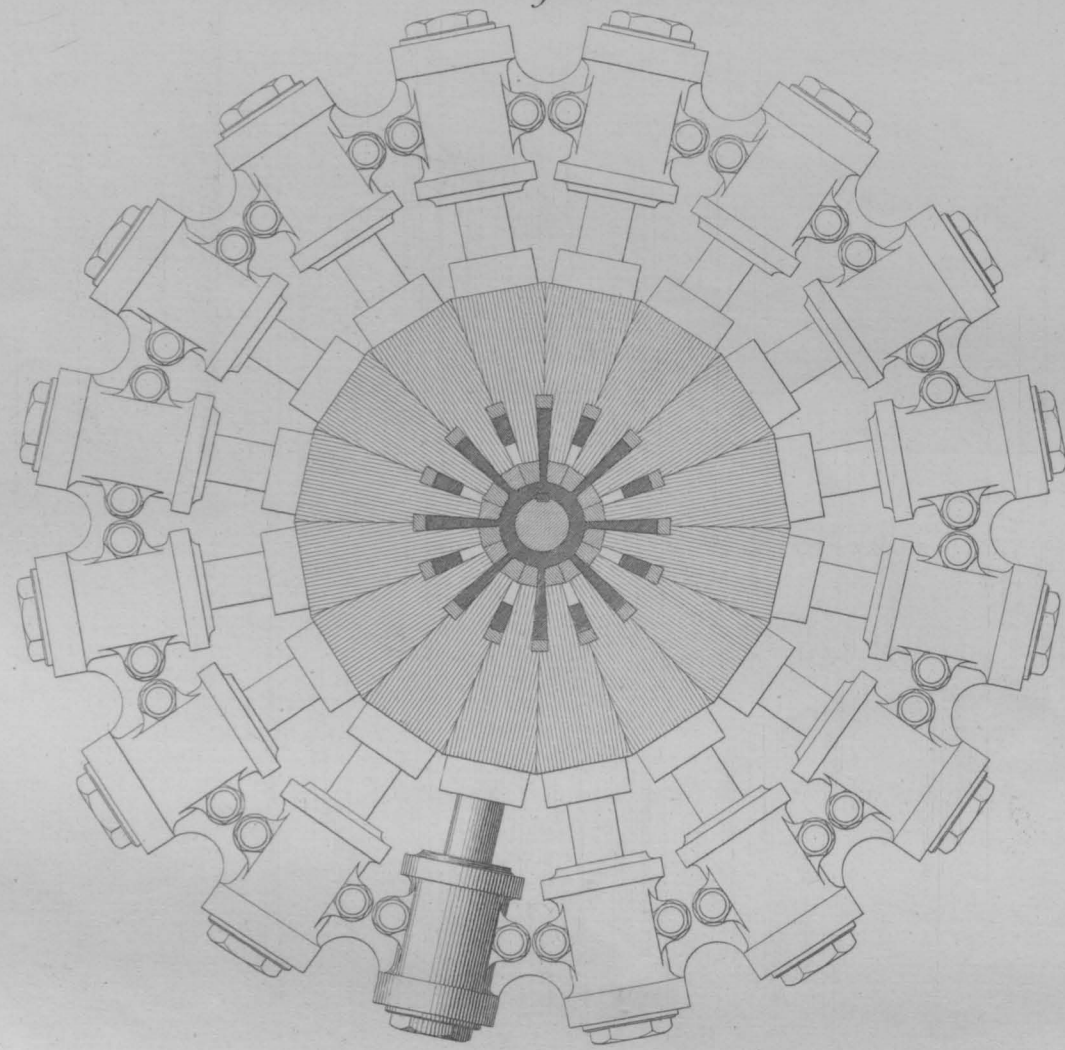


Fig. 22.

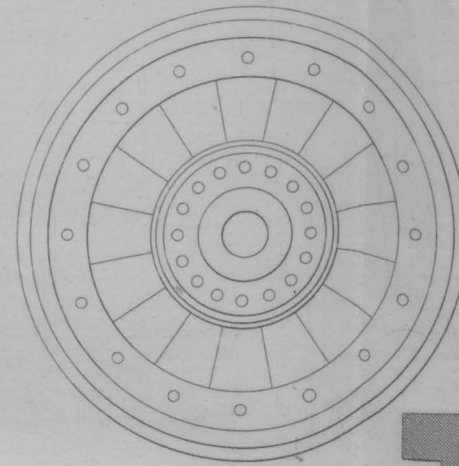
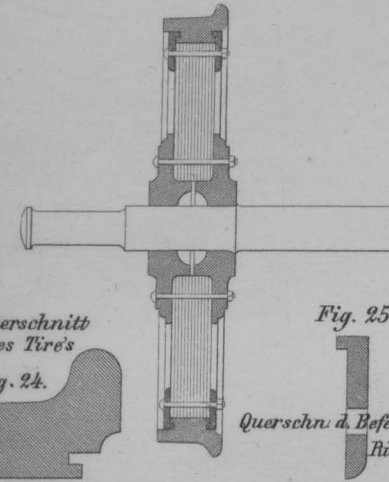


Fig. 22-27: Mansell's Patent Holz-Scheibenrad.

Fig. 23.



Querschnitt
des Tires
Fig. 24.

Adam's Holz-Scheibenrad.

Fig. 28.

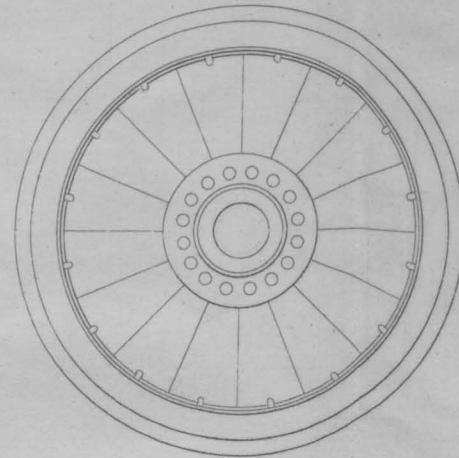


Fig. 29.

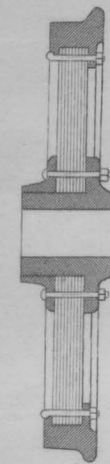


Fig. 26. Äussere Ansicht des Tires.

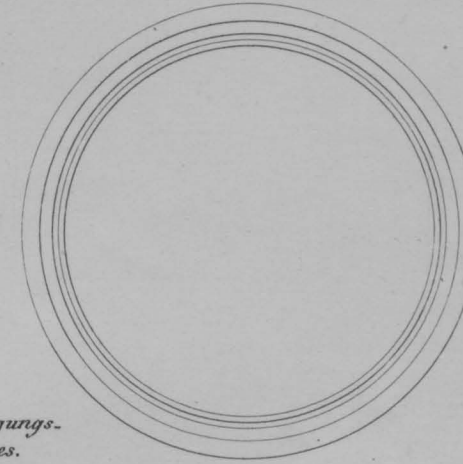
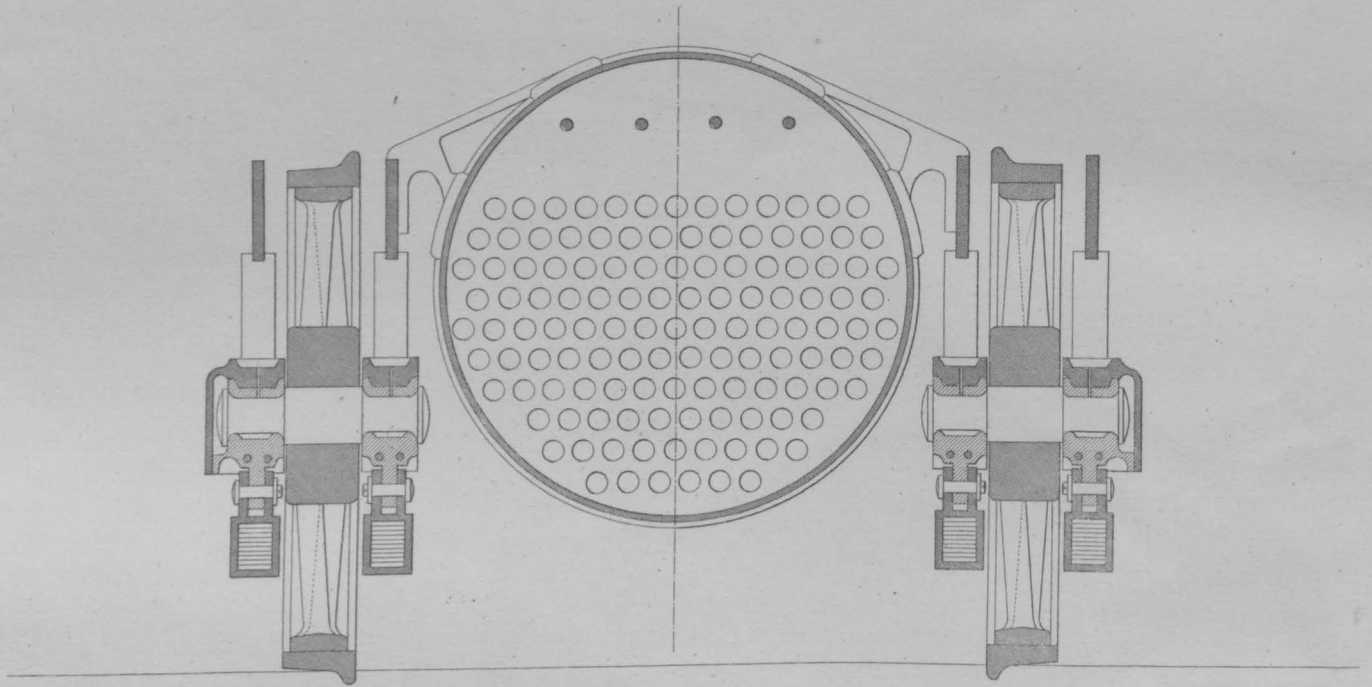


Fig. 25.

Querschn. d. Befestigungs-
Ringes.

Doppelaxe sammt Räder.

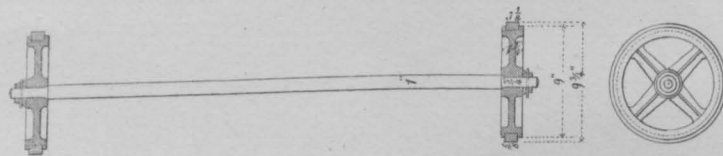
Fig. 36.



Axe sammt Räder für den Local Transport.

Fig. 37.

Fig. 38.



Maaßstab zu Fig. 36-38.

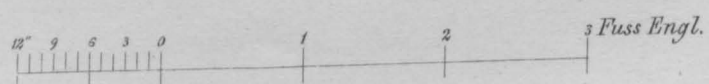


Fig. 2.

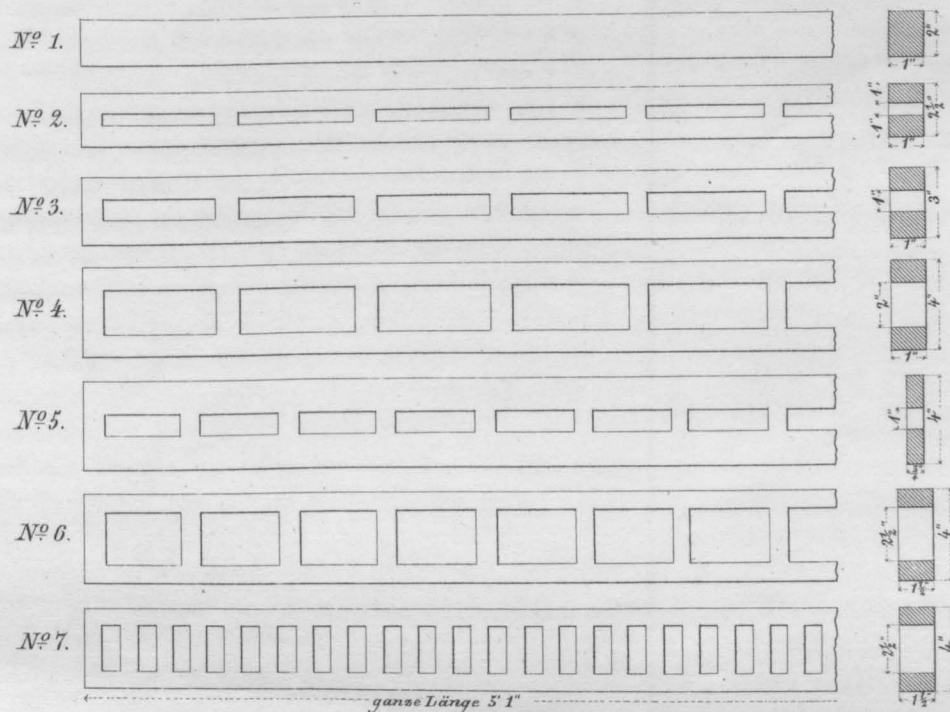


Fig. 21.

Fig. 22.

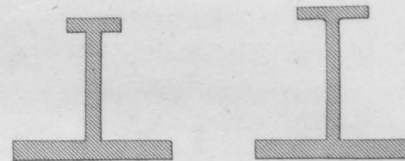


Fig. 23.

Fig. 25.



Fig. 24.

Fig. 26.

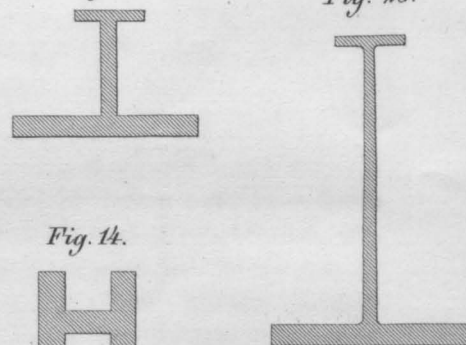


Fig. 1.

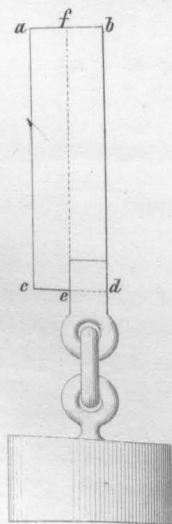


Fig. 3.



Fig. 4.



Fig. 5.

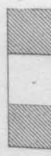


Fig. 10.



Fig. 6.

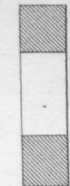


Fig. 7.

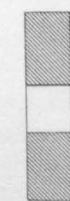


Fig. 11.



Fig. 8.

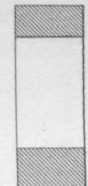


Fig. 9.

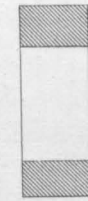


Fig. 12.



Fig. 13.

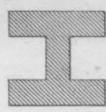


Fig. 15.

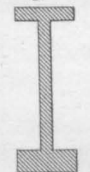


Fig. 18.

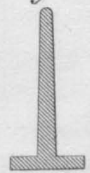


Fig. 16.



Fig. 19.

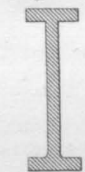


Fig. 20.

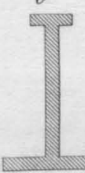


Fig. 14.

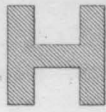


Fig. 17.

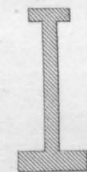


Fig. 28.

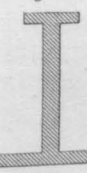


Fig. 27.

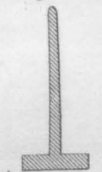


Fig. 28.

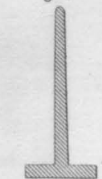


Fig. 1.

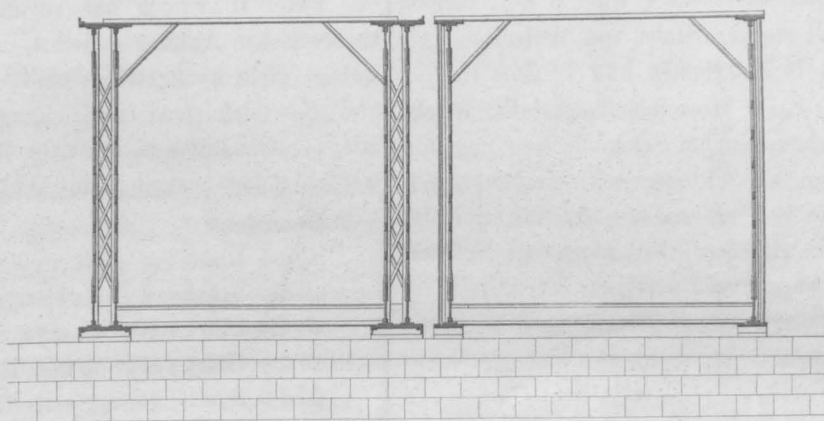


Fig. 2.

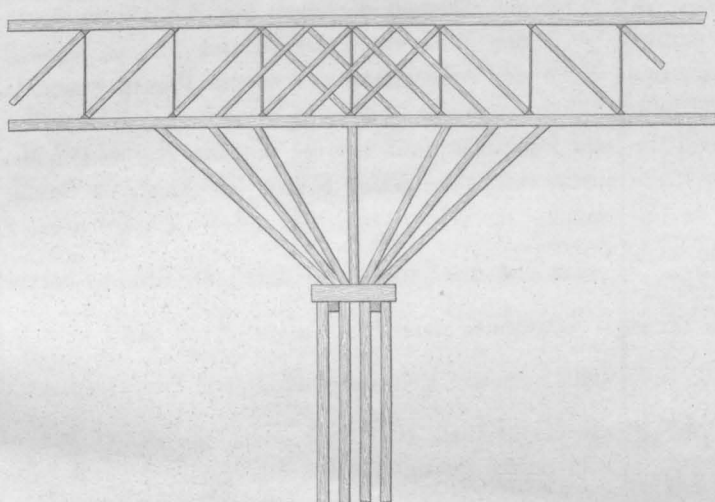


Fig. 3.

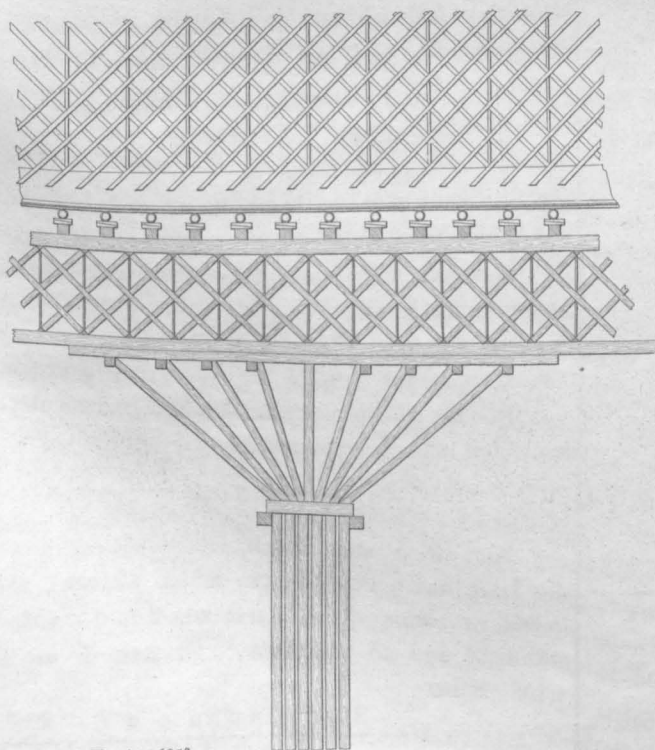


Fig. 4.

